

# Economía sostenible

## Teoría y política

*Jesús Ángel Dopico Castro*  
*Guillermo Iglesias Gómez*

## ECONOMÍA SOSTENIBLE. TEORÍA Y POLÍTICA

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

*QR code* es una marca registrada por Denso Wave, inc.

DERECHOS RESERVADOS 2010, respecto a la primera edición en español, por

© Netbiblo, S. L.

**netbiblo**

[www.netbiblo.com](http://www.netbiblo.com)

NETBIBLO, S. L.

C/. Rafael Alberti, 6 bajo izq.

Sta. Cristina 15172 Oleiros (La Coruña) – Spain

Tlf: +34 981 91 55 00 • Fax: +34 981 91 55 11

[www.netbiblo.com](http://www.netbiblo.com)

[editorial@netbiblo.com](mailto:editorial@netbiblo.com)

Miembro del Foro Europeo de Editores

ISBN: 978-84-9745-567-1

Depósito Legal: C-4260-2010

Directora Editorial: Cristina Seco López

Editora: Sheila Martínez Varela

Imagen cubierta: © photlook

Producción Editorial: Gesbiblo, S. L.

Impreso en España – Printed in Spain

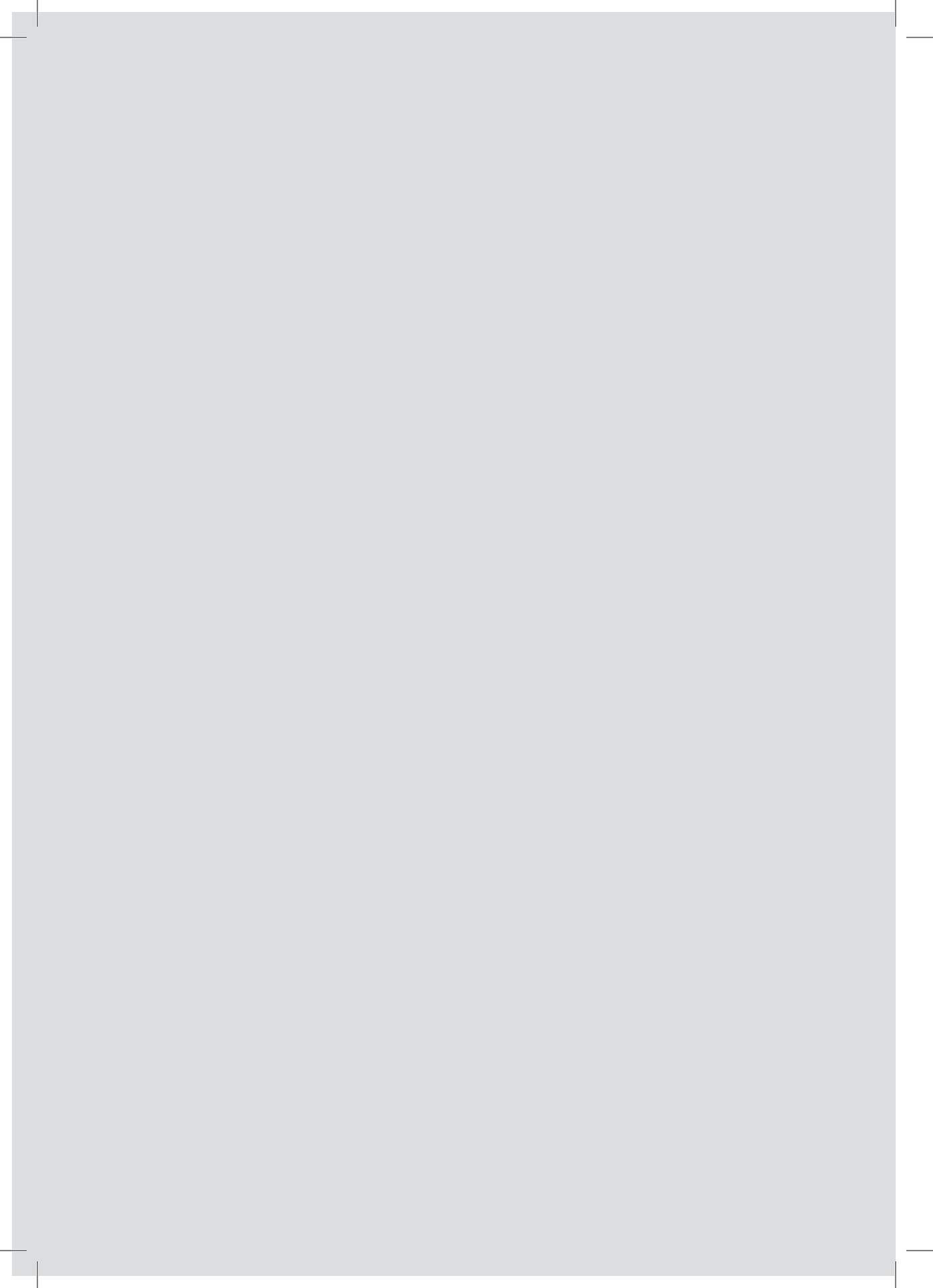
# Autores

## **Jesús Ángel Dopico Castro**

Doctor en Ciencias Económicas y Profesor Titular de Economía Aplicada (Política Económica) en la Universidad de A Coruña. Imparte docencia como responsable de materias de política económica, análisis de coyuntura y política ambiental en la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de A Coruña. Ha impartido además diversos cursos y conferencias sobre economía y política ambiental en seminarios, másters oficiales y programas de doctorado. Su actividad investigadora se centra fundamentalmente en temas de economía y política del medio ambiente. Cuenta también con publicaciones acerca de otros temas de política económica y sobre economía del deporte. Es miembro del Consello del Instituto Universitario de Medio Ambiente de la Universidad de A Coruña.

## **Guillermo Iglesias Gómez**

Doctor en Ciencias Económicas, Licenciado en Ciencias Químicas y Profesor Asociado de Economía Aplicada (Política Económica) en la Universidad de A Coruña. Desarrolla su actividad docente en asignaturas de política económica y economía de los recursos naturales y del medio ambiente en la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de A Coruña. Ha impartido también cursos sobre economía ambiental en másters oficiales y ha participado como ponente en diversos congresos sobre economía y política ambiental. Sus principales líneas de investigación son la economía del medio ambiente y de los recursos naturales, la economía de la energía y la política energética. Es miembro del Consello del Instituto Universitario de Medio Ambiente de la Universidad de A Coruña.



# Prólogo

Una de las funciones del Instituto Universitario de Medio Ambiente de la Universidade da Coruña (IUMA) es promover la difusión y realización de trabajos y publicaciones sobre temas medioambientales. En este sentido, la Editorial Netbiblo, responsable de la edición de este libro, ofrece la posibilidad de publicar el presente ejemplar, propuesto a los autores en una iniciativa del Instituto, ocasión que el IUMA aprovecha y agradece.

Este texto ha sido elaborado con la idea de rellenar un vacío existente en la literatura económica en español en dos ámbitos diferenciados. En primer lugar, proporciona una acotación del término economía sostenible, término que en los últimos años, por razones más políticas que teóricas, se ha ido asimilando a la noción más amplia de desarrollo sostenible, adquiriendo una dimensión superior a lo aconsejable para su operatividad. En segundo lugar, pretende plantear los fundamentos básicos de una macroeconomía ambiental, introduciendo el modelo IS-LM-EE y el análisis de la política económica con restricciones de sostenibilidad.

El término economía sostenible se circunscribe aquí al análisis económico con restricciones de sostenibilidad ambiental, centrándose esencialmente en aspectos macroeconómicos. Son dos los motivos que conducen a los autores a esta acotación del término. El primero es que el establecimiento de una restricción ambiental complica lo suficientemente el análisis como para dejar para otros estudios más vinculados al bienestar social la introducción de restricciones sociales o institucionales. El segundo motivo se refiere a que las restricciones al crecimiento económico proceden del ámbito medioambiental y, sobre todo, de explotación de recursos, ya que, en principio, es difícil considerar que el desarrollo social e institucional

constituya un obstáculo al crecimiento. Esto significa que las restricciones de sostenibilidad son, esencialmente, restricciones impuestas por el entorno natural.

La estructura de esta publicación se ha diseñado para poder dar respuesta a los objetivos anteriores de una forma breve. Se trata, por lo tanto, de una introducción a la economía sostenible, aunque se haga referencia en el texto a numerosas referencias técnicas especializadas que han permitido avanzar en la investigación económica del último siglo. Esta aclaración es pertinente porque condiciona el desarrollo del texto en varios sentidos. Por un lado, la terminología matemática y el instrumental gráfico se utilizan sólo cuando se considera estrictamente necesario para ilustrar las argumentaciones teóricas, y en ningún caso van más allá de un nivel de grado en Economía. Por otro, las referencias bibliográficas no tienen un ánimo de exhaustividad. En la bibliografía figuran únicamente las referencias que se han utilizado para la elaboración del texto, los artículos o libros seminales en cada una de las materias tratadas y, de existir, el *survey* más actualizado sobre los temas analizados en cada capítulo.

Los materiales utilizados para la elaboración del libro proceden en su mayoría de la bibliografía manejada por los autores, ambos pertenecientes al Consello del IUMA, para impartir diversos cursos sobre economía y política económica del medio ambiente en la Universidade da Coruña, tanto en la licenciatura en Economía como en diversos cursos de postgrado y doctorado, así como de diversas conferencias impartidas en el marco de encuentros de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP). Parte de las reflexiones del texto proceden también de la elaboración de las tesis doctorales de ambos autores, centradas en los dos casos en el ámbito científico de la economía de los recursos naturales y del medio ambiente.

La mayoría del texto se basa en argumentos teóricos o empíricos ya contrastados, pero necesariamente figuran en muchas partes del mismo simplificaciones, taxonomías, acotaciones y comentarios analíticos que son aportación exclusiva de los autores, comenzando por la propia definición del término economía sostenible que aquí se utiliza.

A Coruña, noviembre de 2010

*Darío Prada Rodríguez*

*Director del Instituto Universitario de Medio Ambiente  
Universidade da Coruña*

# Contenido

## Introducción

1.1.	Teoría económica, medio ambiente y desarrollo sostenible .....	1
1.2.	Los nuevos paradigmas de la sostenibilidad.....	3
1.3.	¿Qué es la economía sostenible? .....	6
1.4.	Plan del libro .....	8

## Los límites al crecimiento económico

2.1.	Introducción.....	11
2.2.	Los límites al crecimiento en retrospectiva: Los economistas clásicos.....	12
2.3.	El debate actual sobre los límites al crecimiento económico .....	20
2.4.	Desarrollo económico y medio ambiente.....	27

## La economía circular

3.1.	Introducción.....	37
3.2.	La relación entre economía y medio físico .....	39
3.3.	Del sistema lineal a la economía circular .....	41
3.4.	Reglas para la sostenibilidad en un sistema circular .....	45

## Microeconomía y sostenibilidad

4.1.	Introducción.....	49
4.2.	Economía de los recursos naturales.....	50
4.3.	La teoría económica del óptimo de contaminación.....	56
4.4.	Impuestos pigouvianos y negociaciones de Coase .....	60

## Macroeconomía y sostenibilidad

5.1.	Introducción.....	65
5.2.	El modelo básico de equilibrio macroeconómico .....	67
5.3.	El equilibrio ambiental.....	72
5.4.	Macroeconomía y restricciones ambientales .....	77

## Indicadores de economía sostenible

6.1.	Introducción.....	85
6.2.	Problemas de los indicadores macroeconómicos.....	89
6.3.	Indicadores de sostenibilidad débil.....	100
6.4.	Indicadores de sostenibilidad fuerte .....	108

## La política económica con restricciones de sostenibilidad

7.1.	Introducción.....	117
7.2.	Políticas macroeconómicas y sostenibilidad .....	118
7.3.	Política ambiental .....	123
7.4.	Modelos de política económica y restricciones de sostenibilidad .....	128

	Bibliografía.....	135
--	-------------------	-----

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Teoría económica, medio ambiente y desarrollo sostenible

En un breve e influyente artículo publicado en 1991 en la revista *Land Economics*, Herman Daly, uno de los más reconocidos teóricos de la economía ecológica, planteaba la necesidad de avanzar hacia la configuración de una macroeconomía ambiental. De ese artículo, titulado “Towards an environmental macroeconomics”, seleccionamos la siguiente argumentación, de la que se derivan claramente los avances en la investigación existentes hasta entonces en el ámbito del análisis económico del medio ambiente:

“¿Qué tamaño puede y debe alcanzar la economía? La escala óptima de una actividad individual no es un concepto extraño para los economistas —en efecto, la microeconomía es poco más que eso...— Cuando nos movemos hacia la macroeconomía, sin embargo, rara vez se hace referencia a la escala óptima. La asignación óptima de un flujo de recursos dado un determinado tamaño de la economía es una cosa (un problema microeconómico). La escala óptima de la economía en su conjunto en relación con el ecosistema que la sustenta es otra completamente diferente. El problema de asignación microeconómica es análogo a la asignación óptima de una carga con un peso determinado en un barco. Pero una vez que esa asignación óptima ha sido delimitada todavía persiste la pregunta de qué peso total puede soportar el barco. ¡Los barcos con una carga repartida de forma óptima se hundirán si tienen que soportar demasiado peso —aunque se hundirían óptimamente!” (Daly, 1991).

De este texto de Daly se puede deducir que, en esencia, la teoría económica se ha preocupado por el estudio de problemas de asignación microeconómica de recursos en lo que respecta a la relación entre economía y medio ambiente físico. En efecto, la denominada economía del medio ambiente y de los recursos naturales se ha establecido como una subdisciplina de la microeconomía pública (esta última en el sentido de Cullis y Jones, 1991, [1987]) desde hace prácticamente cuatro décadas. Los avances investigadores en esta subdisciplina son conocidos y están ya ampliamente difundidos en artículos especializados y manuales de economía ambiental. Sólo como ejemplos representativos pueden verse los trabajos de Cropper y Oates (1992), Harris (1996), Pearce y Turner (1995) [1990], Field y Field (2003) [2002] o Tietenberg y Lewis (2009).

La economía ambiental, con una agenda de investigación ciertamente amplia, se ha centrado en la aplicación de instrumentos de análisis propios de la teoría económica convencional a los problemas ambientales y de gestión de recursos naturales. En este sentido, el análisis de las externalidades ambientales como caso específico de fallo de mercado es el elemento central que permite vincular a la economía del medio ambiente con la microeconomía pública. El enfoque normativo que ha dado lugar a la política económica del medio ambiente desarrolla el planteamiento microeconómico señalado desde la perspectiva de la teoría de la política económica. La aportación de Baumol y Oates (1982) [1975] representa un excepcional punto de partida para el desarrollo de la teoría de la política económica del medio ambiente.

Así pues, la teoría microeconómica ha abordado desde hace ya varias décadas los problemas ambientales y de gestión de recursos naturales, tanto con una perspectiva positiva como normativa. Sin embargo, y aquí recuperamos el planteamiento de Daly, esto no ha sido tan claro en el caso de la macroeconomía. Hasta comienzos de la década de 2000 los principales avances en materia de lo que podemos denominar macroeconomía ambiental se centraban casi exclusivamente en el desarrollo de indicadores. En la última década, la introducción del modelo IS-LM-EE por autores como Heyes, Lawn y Sim ha supuesto un primer paso hacia la configuración teórica de una macroeconomía ambiental, en respuesta al planteamiento de Daly, tal y como señala el propio Heyes (2000). Este modelo macro-ambiental permite no sólo introducir en el análisis macroeconómico (keynesiano) las restricciones ambientales, si no que, y esto no es menos importante, permite analizar los efectos de las políticas macroeconómicas con restricciones de sostenibilidad ambiental.

Precisamente en el ámbito de la política económica, la introducción de problemas ambientales ha sido un elemento significativo en los últimos años. Esto ha ocurrido en mayor medida desde una perspectiva práctica o aplicada que desde un punto de vista teórico o científico-analítico. En este sentido, la inclusión en las agendas político-institucionales del término desarrollo sostenible, a partir del Informe Brundtland (1987), ha tenido una importancia capital. En la actualidad, el desarrollo sostenible se ha introducido ya en prácticamente todos los programas de política económica de los países desarrollados. Se trata de un concepto a nuestro juicio

más político que económico, pero lo cierto es que de alguna forma ha supuesto la aparición de nuevos paradigmas en los procesos de decisión públicos (*policy-making*) y privados (*management*).

En esta línea también se ha producido una evolución del pensamiento económico en relación con las cuestiones ambientales. La economía ecológica estudia con una perspectiva a largo plazo los procesos de interacción entre los ecosistemas y la actividad económica. Alguno de sus principales impulsores consideran que la economía ecológica es la ciencia y la gestión de la sostenibilidad (Costanza, 1991). Tanto en sus procedimientos instrumentales (multidisciplinares) como en su enfoque analítico, la economía ecológica representa también un cambio de paradigma con respecto a la economía ambiental. Aunque la sostenibilidad en sentido amplio se refiere a cuatro pilares diferentes del desarrollo, a saber, desarrollo económico, desarrollo social, conservación ambiental y desarrollo institucional, su vinculación con la economía ecológica ha provocado que los aspectos ambientales desempeñen el papel central cuando se habla de sostenibilidad o de desarrollo sostenible.

El objeto central de este libro es el estudio de la economía desde la óptica de la sostenibilidad ambiental, es decir, el análisis de lo que aquí denominamos economía sostenible o economía de la sostenibilidad. La economía sostenible tiene una vinculación directa con la economía ambiental, con la economía ecológica, con la microeconomía y la macroeconomía convencionales y con la política económica. Asimismo, presenta también una relación directa con el concepto de desarrollo sostenible y recoge esos cambios de paradigma referidos anteriormente.

En los siguientes apartados de esta introducción se aclaran todos estos puntos planteando, en primer lugar, los fundamentos teóricos de los nuevos paradigmas de la sostenibilidad. Posteriormente se introduce una delimitación conceptual del término economía sostenible tal y como lo vamos a entender en este texto (se pueden establecer definiciones alternativas, sobre todo en el ámbito de la acción política). Para finalizar se esquematiza el plan a seguir en el resto del libro, explicando la importancia de cada bloque temático (capítulo) para completar una introducción a la teoría y la política de la economía sostenible.

## 1.2. Los nuevos paradigmas de la sostenibilidad

En los últimos años el crecimiento económico puro ha dado paso, como objetivo de política económica, al crecimiento sostenible. Esto significa que no sólo preocupa el crecimiento de la actividad económica, sino que también se busca que dicho crecimiento pueda ser sostenible dadas las restricciones que impone el medio ambiente físico. Esta circunstancia ha tenido un considerable impacto no sólo en los programas de política económica, sino además en los planteamientos teóricos de la ciencia económica. De hecho, puede decirse que se está produciendo una transición hacia un nuevo paradigma, en el sentido de Kuhn (2006) [1962]: el paradigma de la sostenibilidad.

En realidad, y siguiendo el magistral análisis realizado por Neumayer (2003), no existe un nuevo paradigma único de sostenibilidad, sino que en realidad se pueden identificar, desde un punto de vista analítico, dos paradigmas en cierto modo opuestos: la sostenibilidad débil y la sostenibilidad fuerte. En ambos casos se pone en relación la actividad económica con el medio ambiente y se asigna un papel primordial al concepto de capital natural y a la posibilidad o no de sustituibilidad del mismo por otros tipos de capital creados por el ser humano.

En efecto, el concepto de capital natural desempeña un papel clave en la diferenciación entre los paradigmas o principios de sostenibilidad débil y fuerte. Durante muchos años se ha considerado al capital como uno de los factores productivos básicos, claramente identificable con las instalaciones destinadas a la producción de bienes o servicios y, a lo sumo, con los fondos destinados a financiar esa actividad productiva. Algunos teóricos de la economía siguen considerando que, en puridad, esa sigue siendo la definición de capital.

Sin embargo, desde hace ya bastantes años numerosos estudios teóricos y empíricos han sugerido la necesidad de diferenciar entre diversos tipos de capital. Esta necesidad se basa en el hecho de que esos tipos diferenciados de capital necesitan un estudio pormenorizado y diferenciado. Así, se ha recurrido a conceptos tan importantes en la teoría económica actual como capital humano, capital social y capital natural. En este último tipo de capital es en el que nos vamos a detener.

Una definición simple del concepto de capital natural sería aquella que lo identifica con el medio físico que sirve de base a las actividades económicas y sociales. En cada momento de tiempo existe un *stock* de capital natural, con independencia de que se pueda valorar o no en términos monetarios, y existe también una depreciación de ese capital natural, en forma de desgaste derivado de los diferentes tipos de contaminación o de explotación de recursos naturales. En ocasiones el capital natural recibe también la denominación de patrimonio natural.

El *stock* de capital natural puede variar a lo largo del tiempo en función del consumo de recursos, el nivel de contaminación o las políticas de regeneración ambiental, de forma que es posible hablar de inversión neta en capital natural, al igual que ocurre con otras formas de capital productivo. Igualmente, es posible referirse a inversión neta en capital físico, capital humano o, aunque es más difícil de analizar, capital social y capital institucional. El elemento clave para estudiar los dos paradigmas de la sostenibilidad es, precisamente, el grado en el que se considera que los diferentes tipos de capital son sustituibles entre sí, es decir, la sustituibilidad entre los mismos. La distinción entre sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte se atribuye normalmente a Pearce *et al.* (1989).

La idea de sostenibilidad débil es desarrollada inicialmente por dos economistas de corte neoclásico, Robert Solow y John Hartwick y puede ser interpretada, con ciertos matices, como una extensión del análisis neoclásico de la economía del bienestar. De hecho la sostenibilidad débil se denomina en muchos casos sostenibilidad de Solow-Hartwick, en una definición probablemente un poco

reduccionista, pero que aclara de quien es deudor dicho término. La sostenibilidad débil se interpreta también en ocasiones como una generalización de la denominada regla de Hartwick (1977).

El principio de sostenibilidad débil se basa en la creencia de que lo verdaderamente relevante es que las generaciones futuras puedan disfrutar de un *stock* de capital sostenible en términos agregados, con una situación continuada de inversión neta de capital positiva, incluyendo en ese *stock* agregado tanto al capital natural como al capital manufacturado y otros tipos de capital. Esto significa que se considera que existe perfecta sustituibilidad entre los diferentes tipos de capital y que un determinado nivel de depreciación del capital natural puede ser compensado con inversión productiva, por ejemplo, en grandes infraestructuras. Neumayer denomina a este enfoque paradigma de la sustituibilidad, a lo que aquí añadimos que en su versión extrema es un paradigma de sustituibilidad ilimitada.

La defensa de este enfoque de la sostenibilidad se basa en la existencia de tres supuestos, sin que sea necesario que se cumplan los tres conjuntamente: (a) situación de abundancia de recursos naturales; (b) elasticidad de sustitución de los diferentes tipos de capital igual o superior a la unidad; y (c) confianza en que el progreso técnico puede solucionar los problemas derivados de la restricción de recursos.

La idea de sostenibilidad fuerte es analíticamente un poco más compleja. En general, sus defensores no son contrarios a la sostenibilidad débil, pero la consideran únicamente como un insuficiente punto de partida. Además, desde una perspectiva teórica no se puede vincular con la economía del bienestar de corte neoclásico. La idea se debe inicialmente a Herman Daly, planteada en su economía del *steady-state* (1974) y a los primeros teóricos de la corriente de la economía ecológica, sobre todo Robert Costanza, aunque posteriormente son muchas las aportaciones y perfeccionamientos que han contribuido a la afirmación de este nuevo paradigma, incluyendo aportaciones de David Pearce.

La esencia del enfoque de sostenibilidad fuerte estriba en la no sustituibilidad entre los diferentes tipos de capital. Esto significa que las pérdidas de capital natural se consideran irremplazables, de manera que no basta con aumentar la inversión productiva para avanzar en el camino de la sostenibilidad. Según Neumayer se puede hablar entonces de paradigma de la no-sustituibilidad.

Pero en realidad hay dos interpretaciones diferentes de la sostenibilidad fuerte. En la primera de ellas, la más laxa, se habla de preservación del capital natural en términos de valor. Esto significa que puede existir cierto grado de compensación por la destrucción de capital natural siempre que se consiga mantener su *stock* con otros proyectos de recuperación ambiental. Es decir, este enfoque permite la sustituibilidad entre componentes del capital natural.

La segunda interpretación, más fuerte, plantea la necesidad de preservación del capital natural en todas sus formas críticas en términos de *stock* físico, de manera que no es posible la sustitución de ninguno de los tipos de capital natural crítico.

Daly plantea en este sentido una serie de reglas de gestión del capital natural basadas en el uso de recursos en función de su capacidad de regeneración, en primer lugar, y en el uso del medio natural como sumidero de residuos, siempre que no se supere la capacidad de absorción de residuos del mismo. Esto significa que incluso en esta versión más extrema de la sostenibilidad fuerte se reconoce la posibilidad de intervención sobre el medio natural, pero cumpliendo unas reglas de preservación muy estrictas.

La idea de no-sustituibilidad entre tipos de capital es especialmente adecuada en situaciones como las descritas por Turner y Pearce (1992): (a) incertidumbre sobre las consecuencias de la destrucción de capital natural; (b) irreversibilidad de las pérdidas de capital natural; y (c) existencia de formas de capital natural cuya función es básica para el desarrollo de la vida sobre la tierra.

El concepto de sostenibilidad fuerte se aproxima realmente más a la idea de paradigma en el sentido de Kuhn dado que supone una ruptura clara con los enfoques ortodoxos de la economía teórica, vinculándose a la denominada economía ecológica. Por el contrario, la sostenibilidad débil es una derivación del enfoque neoclásico que pone un especial énfasis en la sostenibilidad a largo plazo y que va más allá de los procesos de maximización de funciones de utilidad social propios de la economía del bienestar.

El impacto de los nuevos paradigmas de la sostenibilidad consideramos que debe ser importante tanto en el ámbito de la teoría económica como en el de la política económica. En el plano del análisis positivo se requiere una profundización en el estudio de la microeconomía y la macroeconomía con restricciones de sostenibilidad y un acercamiento al público del acervo de conocimientos existentes al respecto. En el plano de la política económica es necesaria la elaboración de modelos que incorporen las restricciones de sostenibilidad, sobre todo para las políticas macroeconómicas.

### 1.3. ¿Qué es la economía sostenible?

La delimitación conceptual del término economía sostenible que vamos a utilizar en este libro procede, esencialmente, de la aportación de Baumgärtner y Quaas (2010). Otras referencias útiles para la acotación del concepto de economía sostenible son Söderbaum (2007, 2008), Ayres (2008) y Pezzey y Toman (2002). Todos estos autores hacen referencia al término en inglés *sustainability economics*, que es el que asimilamos en este texto al concepto de economía sostenible como aproximación al análisis económico de la sostenibilidad. Tal y como se ha comentado con anterioridad en esta introducción, es posible establecer otras distinciones conceptuales del término, en general de mayor amplitud, asimilables al desarrollo sostenible y utilizadas sobre todo en el ámbito de las agendas políticas. En nuestro trabajo optamos por la definición más utilizada en el ámbito de la literatura económica,

que, de una forma muy resumida, restringe el concepto de economía sostenible a los pilares económico y ambiental del desarrollo sostenible. En el mismo sentido se pueden citar los argumentos de Bartelmus (2008) y Jackson (2009).

La cuestión básica para la delimitación del término economía sostenible reside, pues, al margen de determinadas consideraciones técnicas, en el grado en el que se asimila la economía sostenible al concepto más amplio de desarrollo sostenible. Como ya se ha señalado, consideramos que el desarrollo sostenible tiene un componente de carácter político-institucional que le confiere una gran amplitud conceptual y, por lo tanto, plantea ciertos problemas de tipo operativo. Aquí pretendemos acotar nuestro objeto de estudio, sin abordar todos los elementos que integran el desarrollo sostenible. La economía sostenible, en la línea planteada por los autores citados al inicio de este epígrafe, queda circunscrita al análisis económico de la sostenibilidad ambiental.

Desde este punto de vista, el término economía sostenible está compuesto por dos términos diferenciados: economía y sostenibilidad. Las definiciones típicas de economía, entre las que destacamos específicamente la planteada por Robbins (1932) se centran en la idea de eficiencia o asignación eficiente de recursos escasos susceptibles de usos alternativos para la satisfacción de las necesidades sociales. Entre esos recursos incluimos aquellos que proceden del medio natural (recursos naturales). La sostenibilidad se centra en la idea de justicia en las relaciones entre el ser humano y el entorno natural con una perspectiva de incertidumbre a largo plazo (Baumgärtner y Quaas, 2010). Esta idea de justicia se refiere a tres aspectos específicos de esas relaciones: justicia intergeneracional, justicia intrageneracional y ética fisiocéntrica, entendida como justicia en las relaciones entre el ser humano y la naturaleza.

A las ideas de eficiencia y justicia es preciso añadir que la noción de sostenibilidad presenta un importante componente normativo, ya que se refiere a cómo actuar en los procesos de relación entre el ser humano y la naturaleza con la idea de encontrar una combinación adecuada entre eficiencia y justicia. De hecho, la propia búsqueda de los tres conceptos de justicia anteriormente indicados implica la existencia de un fuerte componente normativo en el concepto de sostenibilidad y, por ende, en el de economía sostenible. En este sentido, adoptamos las posiciones mantenidas por Solow (1993) [1991] y Siebert (2005) que consideran que la sostenibilidad ambiental es una obligación con las generaciones futuras (en pureza, justicia intergeneracional) y que, en consecuencia, representa una restricción para los procesos económicos y para la política económica.

La economía sostenible, tal y como la estamos interpretando en este texto, presenta unas evidentes vinculaciones con la economía del medio ambiente y de los recursos naturales (por lo tanto, con la microeconomía pública) y, aún en mayor medida, con la economía ecológica, definida, como ya se ha indicado, como la ciencia de la sostenibilidad (Costanza, 1991). Determinados objetivos, conceptos y

enfoques metodológicos son compartidos por la economía sostenible y la economía ambiental, por un lado, y por la economía sostenible y la economía ecológica, por otro, de ahí que en partes específicas del texto abordemos cuestiones propias de la economía del medio ambiente o de la economía ecológica.

En definitiva, entendemos aquí por economía sostenible el análisis económico y de la política económica con restricciones de sostenibilidad ambiental, centrándonos en el estudio de las relaciones entre actividad económica y medio ambiente físico, con una perspectiva de incertidumbre a largo plazo, basada en el concepto de justicia y con un enfoque en el que desempeña un papel fundamental el componente normativo. Con esta perspectiva, la agenda de investigación de la economía sostenible está integrada por tres grandes bloques temáticos (Baumgärtner y Quaas, 2010): la interpretación y aplicación de la visión normativa de la economía sostenible (incluye, por ejemplo, el estudio del conflicto de objetivos o el desarrollo de indicadores); la descripción y análisis de las interrelaciones entre las actividades humanas y el medio ambiente con una perspectiva a largo plazo en un entorno de incertidumbre (incluye, por ejemplo, la aplicación de modelos de economía ecológica, la aplicación de las leyes de la termodinámica a los procesos económico-ecológicos y el análisis de riesgos ecológicos); y el análisis de las instituciones, los instrumentos de política económica y los procesos de gestión de economía sostenible (incluye, entre otras cuestiones, el diseño de procesos de decisión político-económicos y el estudio de la efectividad de instrumentos de política económica). Tratando de integrar los principales aspectos de esta agenda de investigación, a continuación, para finalizar el capítulo introductorio, se plantea el plan general del libro.

#### 1.4. Plan del libro

El principal propósito de este texto es el análisis de los elementos básicos de carácter teórico y político de la economía sostenible, de acuerdo con la delimitación conceptual de este término planteada en el epígrafe precedente. Con este propósito, y con una perspectiva introductoria, el plan general del libro es el que se esquematiza a continuación.

En la introducción de la que forma parte el presente epígrafe (Capítulo 1) se han mostrado los conceptos básicos que permiten una delimitación conceptual de la economía sostenible. Con ese fin se han abordado las relaciones entre la teoría económica convencional, los problemas ambientales y el concepto de desarrollo sostenible, que aquí se considera como una noción de carácter más político-institucional que la economía sostenible, que es de un tipo más técnico-económico y con un fuerte componente normativo. Asimismo, en esta introducción se han abordado los nuevos paradigmas de la sostenibilidad, diferenciando entre sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte como referencias para el estudio de la economía sostenible.

La delimitación conceptual de la economía sostenible pone su énfasis en la relación entre actividad económica y medio ambiente físico. En consecuencia, los dos capítulos siguientes del texto, capítulos 2 y 3, abordan esta cuestión, planteando desde dos perspectivas diferentes pero claramente complementarias, los límites físicos al crecimiento económico. El Capítulo 2 se centra en el debate acerca de los límites al crecimiento, partiendo de sus raíces intelectuales clásicas, basadas en las aportaciones de Malthus y Ricardo, y continuando con el debate contemporáneo, desde el Informe Meadows hasta la actualidad. En este mismo Capítulo 2 se estudia la relación entre desarrollo económico y medio ambiente usando como instrumento analítico de referencia la denominada Curva de Kuznets de medio ambiente.

En el Capítulo 3 se pasa del debate político-económico sobre los límites al crecimiento a una perspectiva interdisciplinar de esta cuestión, planteando los fundamentos básicos del enfoque de la economía circular o del balance de materiales. Este enfoque analiza la relación entre economía y medio ambiente físico como un sistema circular y se basa en la aplicación al estudio de la interacción economía-naturaleza de las leyes de la termodinámica. De forma muy gráfica, y siguiendo la terminología de Kenneth Boulding, se analiza el funcionamiento del sistema economía-ecología como si el planeta tierra fuese una nave espacial (la nave espacial tierra de Boulding). Esta perspectiva permite derivar unas reglas simples para la sostenibilidad ambiental relacionadas con el ritmo de explotación de recursos y con la capacidad de carga del planeta.

Los capítulos 4 y 5 del libro se centran en el análisis de la sostenibilidad ambiental desde el punto de vista de la teoría económica, profundizando en las reglas básicas de sostenibilidad antes comentadas. El Capítulo 4 aborda la teoría microeconómica de la sostenibilidad, estudiando algunos de los aspectos más conocidos de lo que denominamos economía del medio ambiente y de los recursos naturales (o economía ambiental). En este sentido se plantean los fundamentos básicos de la economía de los recursos naturales, con las reglas óptimas de explotación de los recursos renovables y no renovables. Se plantea también la teoría del óptimo de contaminación, que pretende compatibilizar la actuación para el mercado de empresas contaminantes con la limitación y corrección de sus costes sociales. Esta última cuestión puede desarrollarse desde dos perspectivas teóricas diferenciadas. El enfoque neoclásico de Pigou, del que se derivan los impuestos ambientales, y el enfoque institucional de Coase, basado en procesos de negociación entre las partes afectadas.

El Capítulo 5 se dedica al estudio de la sostenibilidad ambiental desde el punto de vista de la macroeconomía. Para ello se plantea un modelo de referencia que parte del equilibrio macroeconómico típico de la economía keynesiana, basado en el esquema IS-LM, para introducir una restricción de equilibrio ambiental (recta EE). Surge así el modelo IS-LM-EE, desarrollado en la última década, que permite

estudiar el funcionamiento de la actividad macroeconómica con restricciones de sostenibilidad. A lo largo del capítulo se plantean con cierto nivel de detalle los fundamentos básicos de dicho modelo IS-LM-EE, que en la actualidad constituye la aproximación teórica más relevante a lo que podemos denominar macroeconomía ambiental.

En el Capítulo 6 del libro se abordan los principales indicadores de economía sostenible. La evaluación de la sostenibilidad ambiental sólo se puede hacer disponiendo de indicadores adecuados. En este capítulo se estudian, en primer lugar, las deficiencias de los indicadores macroeconómicos tradicionales para su utilización como indicadores de economía sostenible, para con posterioridad plantear, a modo de introducción, alguna de las alternativas existentes para este tipo de mediciones. Estas alternativas se dividen en dos grupos de indicadores diferenciados: los indicadores que siguen el paradigma de sostenibilidad débil y los que adoptan como referencia el enfoque de sostenibilidad fuerte. Más en concreto, en el capítulo se analizan algunos indicadores específicos como el MEW o el ISEW, que siguen el criterio de sostenibilidad débil y los derivados del modelo PSR y la huella ecológica, como indicadores basados en el enfoque de sostenibilidad fuerte.

Para finalizar, en el último de los capítulos del libro, el Capítulo 7, que consideramos que es una de las partes más relevantes del texto, se estudia la economía sostenible desde el punto de vista de la política económica. Con esa finalidad se analizan los efectos de las políticas macroeconómicas en el contexto del modelo IS-LM-EE, estudiando los procesos de coordinación de las políticas fiscal y monetaria necesarios para mantener la neutralidad ambiental. Con el mismo modelo de referencia se estudian posteriormente los efectos de la política ambiental, analizando las consecuencias macroeconómicas y ambientales del progreso tecnológico, del endurecimiento de la política ambiental y de la aplicación de una política ambiental exitosa. En el último apartado del Capítulo 7 se introducen las restricciones de sostenibilidad en los modelos de política económica. En estos modelos, que son la base de la política económica cuantitativa y que utilizan procesos de optimización con restricciones, es posible introducir restricciones ambientales en ejercicios de optimización de funciones que integran como argumento determinados indicadores de economía sostenible.

# Capítulo 2

## Los límites al crecimiento económico

### 2.1. Introducción

La noción de sostenibilidad parte de la constatación del hecho de que el crecimiento económico puede estar generando problemas en el medio físico que limitan las posibilidades futuras de crecimiento y desarrollo. Se trata de un problema ambiental y de gestión de recursos que subyace al debate sobre los límites al crecimiento. La cuestión fundamental estriba en determinar en qué medida el medio ambiente físico representa una restricción al crecimiento económico (en el sentido planteado por Siebert, 2005), al considerar que la sostenibilidad no es en realidad una opción política, sino una obligación con las generaciones futuras (Solow, 1993 [1991]).

Aunque los modelos de crecimiento económico seguidos en la práctica no han sido los mismos a lo largo de la historia, ni tienen las mismas características en todos los países en la actualidad, lo cierto es que el debate sobre los límites al crecimiento es ya un debate global en el que se plantea la sostenibilidad ambiental del planeta si se continúa con las pautas actuales de crecimiento.

La discusión sobre estos límites naturales al crecimiento surge de la comparación entre los recursos disponibles y la explotación de los mismos orientada al desarrollo de las actividades socioeconómicas. El principal antecedente intelectual de este debate procede del estudio de la relación entre el crecimiento de la población y el de los recursos disponibles para alimentación (recursos agrarios) desarrollado por Thomas Robert Malthus en sus ensayos sobre la población. La formalización clásica de este problema se debe sobre todo a David Ricardo, que planteó la posibilidad de alcanzar una situación de nivel estacionario (o estado estacionario) derivado de los rendimientos decrecientes de la tierra e identificable con un nivel de subsistencia.

A ese debate clásico se hace referencia hoy en día en ocasiones al hablar de neomalthusianismo, término que define una situación de pesimismo sobre el futuro de la población (o de la economía) derivado de un agotamiento de recursos, sin considerar los posibles efectos sobre este proceso del progreso técnico. Algunas de las referencias clave del debate contemporáneo sobre los límites al crecimiento han sido acusadas precisamente de neomalthusianas, como es el caso del Informe Meadows que, en 1972, abrió el debate actual sobre los límites al crecimiento económico. Con posterioridad a ese informe, otras referencias permiten avanzar en la discusión que nos ocupa. Es el caso del compromiso con el desarrollo sostenible a partir del Informe Brundtland (1987) o de una de las cuestiones ambientales más importantes a nivel global en la actualidad como es la lucha contra el cambio climático, con el Protocolo de Kyoto (1997) como acontecimiento más destacado.

En el plano de los instrumentos de análisis económico, la relación entre crecimiento y medio ambiente o, más específicamente, entre desarrollo económico y presión ambiental, se estudia mediante la Curva de Kuznets de medio ambiente. Este instrumento gráfico permite realizar útiles modelos teóricos y empíricos sobre la relación entre desarrollo y situación ambiental, apuntando en su formulación más elemental a la posibilidad de que los estadios más altos de desarrollo económico pueden conducir, por diversas causas, a una mejora en la situación del medio ambiente de los países.

Todas estas cuestiones integran el presente capítulo del texto. A continuación se hace referencia a las aportaciones clásicas al debate sobre los límites al crecimiento, posteriormente se analizan los aspectos básicos de este debate en la actualidad y, para finalizar, se estudia desde una perspectiva teórica el potencial de la Curva de Kuznets como instrumento de análisis de la relación entre desarrollo económico y medio ambiente.

## **2.2. Los límites al crecimiento en retrospectiva: Los economistas clásicos**

La idea de que el crecimiento pueda tener un límite físico o natural no es, ni mucho menos, nueva, ni se circunscribe exclusivamente en el debate actual sobre los límites al crecimiento económico. A lo largo de la historia del pensamiento económico numerosas aportaciones de las escuelas más relevantes enfatizan la necesidad de estudiar esos límites al crecimiento. En este sentido, la aportación primordial es, a nuestro juicio, la de los economistas clásicos, especialmente Thomas Robert Malthus y David Ricardo.

La aparición de lo que podemos denominar, de acuerdo con la terminología de Schumpeter, situación clásica, marcó un verdadero punto de inflexión en la historia del pensamiento económico. Esta escuela representa la referencia de partida de una serie de doctrinas que han tenido una gran influencia en el desarrollo de

las ideas económicas y que mantienen, en la actualidad, un indiscutible valor en el plano intelectual.

En el ámbito más específico de las relaciones entre economía y medio natural, las ideas de la escuela clásica marcaron también un hito importante, en el sentido de que algunos de los conceptos básicos originarios de los autores clásicos constituyen un punto de referencia del pensamiento económico en relación con el medio ambiente y los recursos naturales. Puede afirmarse que el pensamiento económico clásico representa un verdadero paradigma, no sólo en el ámbito de la historia de las doctrinas económicas, sino incluso en el plano del estudio de las relaciones entre economía y naturaleza (véase Cuervo y Ramos Gorostiza, 2000, donde figura, ampliada, una parte de las argumentaciones y planteamientos que desarrollamos en este epígrafe).

El surgimiento y la consolidación de la escuela clásica se producen en Gran Bretaña en un período histórico marcado por el desarrollo de la revolución industrial. Esta circunstancia pudo haber tenido una gran influencia en el hecho de que la preocupación básica de los economistas clásicos haya sido la investigación de las posibilidades de crecimiento económico. En este sentido, las aportaciones más relevantes del primer representante de esta corriente de pensamiento, Adam Smith, son la confianza en el mercado como mecanismo eficiente de asignación de recursos y la justificación de esta premisa sobre la base del concepto de mano invisible.

Por supuesto, no es ésta la única idea referencial del pensamiento clásico que ha perdurado a lo largo del tiempo. Otra de las cuestiones que mayor preocupación despertó entre los economistas clásicos es precisamente el límite físico al crecimiento, como una de las líneas lógicas de investigación derivadas del análisis de los factores determinantes del crecimiento y la riqueza. Aquí se encuentran algunas de las aportaciones de mayor interés de la economía clásica, que se han convertido en una referencia histórica destacada para el desarrollo de la economía ambiental y que deben serlo también para lo que denominamos economía sostenible. Nos referimos, sobre todo, al estudio de la incidencia del crecimiento de la población desarrollado por Thomas Robert Malthus y a la noción de estado estacionario de David Ricardo (nivel estacionario en la traducción al español del original en inglés de 1817).

Realmente estas dos cuestiones han sido tan valiosas y sugerentes que, con mucha posterioridad al movimiento clásico han sido retomadas y forman, aún hoy en día, parte importante de numerosos debates sobre economía, política y sostenibilidad. Así, por ejemplo, es usual utilizar el término de neomalthusianismo referido a estudios sobre los límites al crecimiento económico que no confían en las posibilidades que ofrece el progreso técnico para paliar el impacto de la actividad económica sobre el medio natural. Es preciso señalar, sin embargo, que conceptos como neomalthusianismo o estado estacionario han tenido que ser muy refinados ya que, tal y cómo se explica a continuación, los economistas clásicos no interpretaban estas ideas exactamente de la misma forma que se ha hecho desde aproximadamente el último tercio del siglo XX.

En efecto, la gran preocupación clásica fue la investigación de las fuentes del crecimiento económico, reconociendo la idea de progreso por medio de la intervención sobre la naturaleza. La preocupación por los recursos naturales sólo se interpretó, en esa escuela de pensamiento económico, mediante la posible existencia de límites físicos al crecimiento, de forma que el medio ambiente y la explotación de recursos no han sido realmente elementos de análisis por sí mismos en el enfoque clásico, y sólo se han tratado en la medida en que podían suponer la existencia de límites importantes al crecimiento. Ni siquiera la coincidencia histórica con el desarrollo de una revolución industrial en la que el carbón era el principal *input* energético, con las evidentes consecuencias en materia de contaminación, hizo pensar a los autores clásicos en el problema ambiental desde una perspectiva económica tal y como se concibe en nuestros días.

En un contexto como el que se acaba de describir, son fundamentalmente cuatro los pensadores clásicos con importantes aportaciones en el ámbito de las relaciones entre economía y medio natural: Adam Smith, Thomas Robert Malthus, David Ricardo y John Stuart Mill. Su legado intelectual es de tal relevancia en el terreno de las ideas económicas que es prácticamente imposible investigar los orígenes de cualquier disciplina de la economía moderna sin hacer referencia a los escritos de estos cuatro autores. En este sentido la economía sostenible no puede ser una excepción.

La aportación de mayor relevancia de Adam Smith, y para muchos también del paradigma de la economía clásica, es el concepto de mano invisible, magistralmente plasmado en su obra *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* (Smith, 2008 [1776]), más conocida, simplemente, como la *Riqueza de las naciones*. Mediante ese concepto pretendía demostrar que el comportamiento racional individual podría servir también a los intereses de la sociedad en su conjunto. De ahí surge la idea del mercado como mecanismo eficiente de asignación de recursos y la circunscripción de la actuación de los gobiernos a proporcionar servicios de vigilancia, concepto asimilable a los bienes públicos actuales, que contribuyesen a complementar el funcionamiento de un mercado en el que imperasen las condiciones dictadas por la libre competencia.

Adam Smith atribuye en sus escritos una gran importancia a la tierra y a la actividad agraria. En este sentido llama la atención que en la *Riqueza de las naciones* el pensamiento smithiano se revela ciertamente optimista en cuanto a las posibilidades de crecimiento a largo plazo y a las oportunidades que ofrece la explotación de recursos naturales para ese crecimiento, fundamentalmente la explotación de la tierra a través de actividades agrarias y yacimientos minerales. No obstante, Smith deja abierta la posibilidad de existencia de límites físicos al crecimiento económico a muy largo plazo, sobre todo si se tiene en cuenta la existencia de rendimientos decrecientes de la tierra, aunque no se trata, ni mucho menos, de una idea central del mensaje smithiano, en el que preponderan las referencias al crecimiento continuo de la productividad asentado en la especialización

productiva, la división del trabajo, la libertad de comercio y el resto de premisas derivadas del libre mercado.

Tal y como señala O'Brien (1996) [1975], en su extraordinario estudio sobre los economistas clásicos, Smith tenía una teoría del eventual estancamiento económico, pero para este autor la llegada de un estado estacionario en el que desapareciese el crecimiento no parece haber representado un problema inmediato. Este optimismo de Adam Smith no está tan claro, sin embargo, en la obra del resto de representantes más insignes de la economía clásica. Thomas Robert Malthus y David Ricardo, especialmente, ponen un énfasis especial en un importante problema para el crecimiento económico a largo plazo, a saber, los límites que imponen al mismo el crecimiento de la población, por un lado, y los propios recursos naturales, por otro.

Malthus es uno de los pensadores que sentaron las bases científicas del ambientalismo o, incluso, del ecologismo. En particular, despertó un especial interés el hecho de que este economista clásico planteó con claridad las interacciones existentes entre la economía y la biología, al poner en relación el funcionamiento de la actividad económica y el proceso biológico de crecimiento de la especie humana. Hoy en día, este es uno de los aspectos estudiados por una disciplina de creciente interés en el ámbito de la ciencia económica, la bioeconomía.

La obra de Thomas Robert Malthus gira fundamentalmente en torno a la relación existente entre el crecimiento de la población y la capacidad de la tierra para generar alimentos destinados a lograr el sustento de esa población en aumento. Tanto en su *Primer ensayo sobre la población*, que data de 1798 (Malthus, 1993 [1798]), como posteriormente en su principal obra, junto a los *Principios de Economía Política* (1820), titulada *Ensayo sobre el principio de la población* (Malthus, 1986 [1803]), Malthus considera que la agricultura es una actividad económica esencialmente diferente de las actividades manufactureras o comerciales. Esto se debe a que, en definitiva, la capacidad sustentadora del crecimiento poblacional reside, precisamente, en la producción de alimentos, que a su vez depende de las actividades agrarias.

De la importancia de la producción de alimentos en relación con el aumento de la población parte una distinción muy destacable en la obra de Malthus entre los bienes de primera necesidad y los bienes de lujo. En relación con la primera de estas tipologías, los bienes de primera necesidad, destinados a satisfacer las necesidades vitales, este pensador supone que la capacidad de reproducción de los bienes necesarios para el sustento no es capaz de responder al crecimiento biológico de la población, debido a que existen límites al crecimiento de dichos bienes derivados de la existencia de rendimientos decrecientes en las actividades agrarias.

Una de las citas más reconocibles de Thomas Robert Malthus es precisamente la que se refiere a esa relación entre producción de alimentos y aumento de la población. Ya en su *Primer ensayo sobre la población* señala Malthus que “Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir

alimentos para el hombre. La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan sólo aumentan en progresión aritmética.” (Malthus, 1993 [1798]).

Este planteamiento, que contrapone un aumento de la población a una tasa mucho mayor que la capacidad del sistema agrario de reproducir los bienes necesarios para la subsistencia conduce, inexorablemente, en el planteamiento de Malthus, hacia una sociedad de miseria y hacia un sistema económico de subsistencia. Llama especialmente la atención en el planteamiento malthusiano la idea de la contraposición entre el crecimiento en progresión aritmética de los medios de subsistencia y el crecimiento en progresión geométrica de la población, que pone de manifiesto, sin duda de una forma muy directa y clarificadora el vínculo entre población y recursos sobre el que gira gran parte de la obra de Malthus.

Este vínculo entre población y recursos cuyos elementos básicos se acaban de comentar ha pasado a la historia del pensamiento económico y social como una idea esencialmente malthusiana. Incluso en el ámbito de la biología existe un reconocimiento a este autor debido a las referencias al mismo en la obra de Charles Darwin. Darwin (2009) [1859] se reconoce deudor de los planteamientos de Malthus en la introducción de *El origen de las especies*, al señalar que en esta obra se examina “la lucha por la existencia entre todos los seres orgánicos en todo el mundo, lo cual se sigue inevitablemente de la elevada razón geométrica de su aumento. Es ésta la doctrina de Malthus aplicada al conjunto de los reinos animal y vegetal”.

Es preciso reconocer, sin embargo, que otros autores expusieron esta idea de los límites naturales al crecimiento de la población y de sus consecuencias con cierta anterioridad a Malthus, aunque quizás no de forma tan clara y documentada como él. Como casos más relevantes se pueden citar, siguiendo a Schumpeter (1994) [1954] en su imprescindible *Historia del Análisis Económico*, a Petty, Süßmilch, Wallace, Ortes, Townshend y, sobre todo, Steuart, reconocido por el propio Malthus.

Pero quien realmente perfeccionó ese planteamiento que señala la tendencia hacia un sistema económico de subsistencia fue, sin duda, David Ricardo. Esa idea ha quedado plasmada, de una manera un poco más compleja que el análisis malthusiano, mediante el concepto de estado o nivel estacionario ricardiano. La relevancia del límite del progreso económico en la obra de Ricardo es objeto de controversia entre los estudiosos de este economista clásico. Hollander (1988) [1979] señala que “Ricardo no atribuía una gran relevancia empírica a la noción de un límite del progreso económico”. O’Brien (1996) [1975], sin embargo, afirma en relación al modelo de estado estacionario ricardiano que “éste es el corazón del sistema de Ricardo”.

David Ricardo es, probablemente, el más completo de los economistas de la situación clásica y su obra maestra *Principios de economía política y tributación* (Ricardo, 2004, [1817]) es uno de los tratados de economía política más completos de la historia del pensamiento económico. Al igual que Malthus, Ricardo tiene muy presente el pesimismo en torno a los límites al crecimiento, aunque el mismo

aclara que ve muy lejana la posibilidad real de alcanzar una situación de nivel estacionario. Pero lo cierto es que esa noción de estado estacionario ha sido desarrollada, esencialmente, por este pensador, y probablemente es el concepto que mejor plasma la existencia de tales limitaciones al crecimiento.

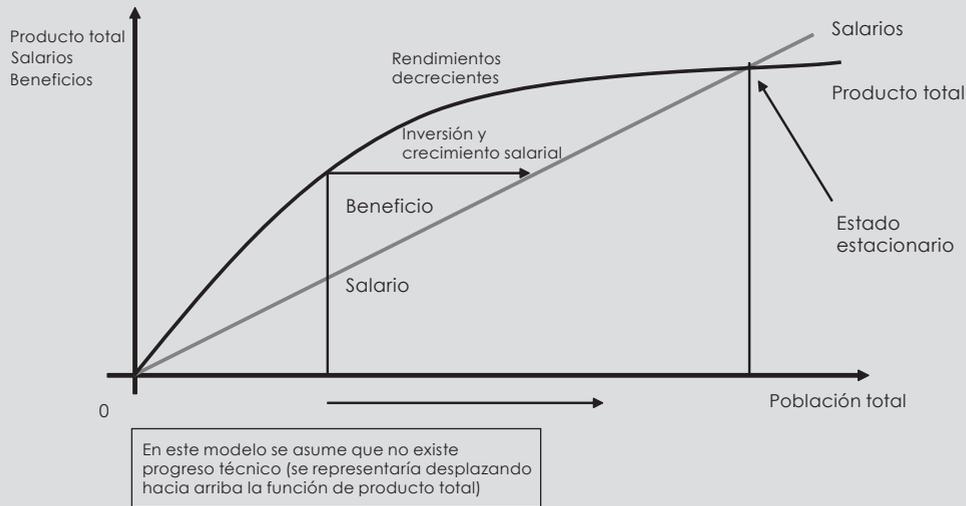
El pensamiento de David Ricardo gira en torno a la idea teórica de que tarde o temprano el crecimiento económico debe acabar debido a la existencia de limitaciones impuestas por la escasez de recursos naturales. Uno de los grandes méritos de Ricardo reside en plantear un modelo en el que desarrolla una teoría de la renta de la tierra basándose en el principio clásico de los rendimientos decrecientes de la agricultura. Queda así constituido un sistema en el que los límites al crecimiento están claramente presentes.

David Ricardo ilustró su teoría señalando que la dinámica del crecimiento se orientaba hacia un estado estacionario. Mientras existan cultivos y tierras de calidad los salarios y los beneficios permiten el crecimiento económico y el crecimiento de la población. Sin embargo, en la medida en que éstos provocan la necesaria extensión de los cultivos hacia tierras de peor calidad o la intensificación de tierras ya cultivadas, la consecuencia es la actuación del principio de rendimientos decrecientes. En esas condiciones los salarios se reducen al nivel de subsistencia y los beneficios llegan a desaparecer, ya que en última instancia la actuación de los rendimientos decrecientes hace que los cultivos marginales alcancen, únicamente, para la subsistencia de los trabajadores.

El límite físico al crecimiento se produce en el momento en el que los beneficios sólo llegan para cubrir los costes del capital y el producto marginal agrario equivale al salario necesario para su producción. Ésta es la situación conocida como nivel o estado estacionario, que puede experimentar ciertas modificaciones si se consideran las posibilidades que ofrece el progreso técnico, elemento que, según el planteamiento de Ricardo, sólo puede solucionar temporalmente, pero no de forma indefinida, el problema de los límites físicos al crecimiento. Eso significa que la innovación técnica puede originar un aumento del producto por cada unidad de *input*, pero esto sólo contribuye a frenar o suavizar la tendencia hacia los rendimientos decrecientes, pero no a eliminarlos, de forma que en un plazo determinado se alcanzaría la situación de estado estacionario. En la Figura 2.1 puede verse un modelo de producción ricardiano en el que se identifican las singularidades del mismo que se acaban de comentar.

Aunque ha tenido críticas relevantes, alguna incluso del mismo Malthus, con el que Ricardo mantuvo una intensa rivalidad teórica basada en el respeto intelectual mutuo, no cabe duda de que los planteamientos ricardianos tienen una gran importancia a la hora de analizar los límites al crecimiento con una perspectiva histórica. Su preocupación básica era plasmar la existencia de límites al crecimiento en un contexto de investigación sobre las fuentes de dicho crecimiento y no el análisis de los límites en sí mismo. Pero ciertamente el modelo de producción ricardiano ha puesto de manifiesto una serie de problemas que, tratados de forma

Figura 2.1. Modelo de producción de David Ricardo (Estado estacionario).



Fuente: Adaptado de Pearce y Turner (1995) [1990].

más compleja analíticamente, siguen vigentes hoy en día. Por ello hemos considerado imprescindible la referencia a este economista en un estudio introductorio a la economía sostenible, dado que el enfoque de Ricardo se puede considerar como el primero que contempla la economía política desde una perspectiva de sostenibilidad en relación con el medio físico.

El último de los economistas clásicos al que hacemos referencia en esta breve retrospectiva sobre el análisis de los límites al crecimiento es John Stuart Mill. Considerado como el último gran economista de la escuela clásica, en el sentido temporal del término, en Mill se pueden identificar de nuevo los conceptos de límite físico al crecimiento y de rendimientos decrecientes. Pero, al mismo tiempo, las ideas de progreso técnico y de mejora del conocimiento provocan una vuelta al optimismo smithiano en torno a las posibilidades de crecimiento económico a largo plazo. A pesar de ello, la posición de Mill acerca de los límites al crecimiento es ciertamente ambigua, ya que la idea de un estado estacionario derivado del crecimiento, a pesar del progreso técnico, está presente en su pensamiento económico.

En su principal obra de economía, *Principios de economía política* (Mill, 2006 [1848]), John Stuart Mill adopta el método ricardiano de análisis en términos de valor de cambio, desarrollando una serie de ideas en torno al valor de los recursos naturales. En particular, debe citarse la necesidad, planteada por Mill,

de buscar un patrón temporal óptimo de explotación de los recursos mineros, concepto que se utiliza de forma asidua en la economía de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

John Stuart Mill era un ferviente defensor de la idea de intervención del ser humano sobre la naturaleza, contraponiendo a los rendimientos decrecientes la existencia de progreso técnico y acumulación de conocimientos que originan una situación de progreso general de la civilización. En este contexto, el papel del estado estacionario es muy especial en el pensamiento de Mill, para el que el progreso general antes comentado sólo es deseable hasta cierto punto, mientras ayude a “perfeccionar el arte de vivir”, pero no es deseable un crecimiento que lleve a la acumulación continuada de riqueza, especialmente cuando ésta acumulación está monopolizada por una parte de la población. En este punto es donde Mill considera posible e incluso necesario el mecanismo ricardiano conducente al estado estacionario. En palabras de O’Brien (1996) [1975], “Mill defiende también la tesis del estancamiento pero sustituye la visión pesimista de Ricardo por una optimista: el estado estacionario será feliz”.

En estos planteamientos de Mill se mezclan la confianza en el progreso técnico y en el acervo de conocimientos con los rendimientos decrecientes y la necesidad de un estado estacionario como respuesta al crecimiento ilimitado y a la polarización de la distribución de la riqueza. Esta ambigüedad de Mill puede observarse que es similar a la idea actual de desarrollo sostenible, al plantear la necesidad de compatibilizar crecimiento, equidad distributiva y gestión de los recursos. Constituye también un buen punto de partida para el estudio de la economía sostenible, de ahí su inclusión en este capítulo.

Una última cuestión referida al análisis de Mill de gran interés para el objeto de estudio de este libro es la idea de que mientras un recurso natural sea prácticamente ilimitado no cabe la posibilidad de analizar el mismo en términos de valor, mientras que la percepción de su posible escasez, presente o futura, le confiere un enorme interés para el análisis económico en términos de valor de cambio. Esto no es más que una derivación de los principios básicos de la teoría del valor aplicada a los recursos naturales, pero tiene una gran relevancia en el estudio de los límites al crecimiento. Los argumentos de muchos economistas contra las conclusiones de, por ejemplo, el Informe Meadows, se basan precisamente en que éste y otros análisis no tienen en cuenta las consecuencias sobre el valor, el precio y el consumo de los mismos de la escasez de algunos recursos que pronostican a medio plazo.

Resulta evidente que sería posible ampliar este epígrafe haciendo referencia al estudio de los límites al crecimiento planteados por economistas posteriores a la escuela clásica. Tal es el caso, por ejemplo, de Marx y sus seguidores, de algunos economistas de la escuela neoclásica, de los representantes de la nueva economía institucional o, por supuesto, de los precursores de la economía ecológica y del estudio de la economía como un sistema circular.

Pero, en realidad, la pretensión de este epígrafe no ha sido otra que demostrar que estamos ante un debate, el de los límites al crecimiento, con antecedentes robustos y que, por lo tanto, no se trata de una moda pasajera que ha surgido en las últimas décadas. Nada mejor para ello que ilustrar este debate con algunas de las aportaciones de los más destacados economistas clásicos, teóricos del liberalismo económico y a los que hoy en día se sigue citando en la mayoría de los debates teóricos de la economía moderna. Por otro lado, en capítulos posteriores de este libro se analizarán las aportaciones de otros autores, entre ellos algunos de las escuelas de pensamiento anteriormente mencionadas, en la medida en la que sus aportaciones son fundamentales y nucleicas en el ámbito de la economía sostenible y no referencias históricas precursoras de los desarrollos teóricos actuales, como es el caso de los economistas clásicos mencionados en este epígrafe.

### **2.3. El debate actual sobre los límites al crecimiento económico**

El crecimiento económico es un tema de estudio esencial hoy en día, no sólo desde el punto de vista de la teoría y la política económica, sino incluso para la opinión pública y la política en general. Las teorías del crecimiento económico, desde los planteamientos iniciales de la planificación socialista y, posteriormente, de economistas como Roy Harrod y Evsey Domar o Robert Solow, hasta los análisis más modernos como los de Paul Romer, por ejemplo, investigan esencialmente los factores determinantes del crecimiento. Desde el punto de vista de la política económica, uno de los objetivos básicos de las autoridades es el denominado crecimiento económico equilibrado, es decir, crecimiento sostenido de la actividad económica con pleno empleo, estabilidad de precios y equilibrio de las cuentas externas.

Sin embargo, en la medida en la que los objetivos relacionados con la equidad distributiva y la conservación del medio ambiente se han ido incorporando a los programas de política económica de los países avanzados, se están planteando serias dudas acerca de si el crecimiento económico por sí mismo, al menos bajo un modelo como el actual, es un objetivo deseable o si, por el contrario, debe estar sujeto al cumplimiento conjunto de una serie de objetivos de índole social y ambiental.

Se ha mostrado en el epígrafe anterior que el debate sobre los límites al crecimiento no es, ni mucho menos, nuevo. Los economistas clásicos y, posteriormente, representantes de otras escuelas de pensamiento económico, han abordado de una u otra forma esta problemática. Pero lo cierto es que dicho debate sobre los límites al crecimiento económico se ha desarrollado con especial intensidad en las últimas tres décadas del siglo XX y en los años transcurridos del siglo XXI. Las circunstancias económicas y ambientales de la economía global parecen indicar que este debate continuará en los próximos años y, no sólo eso, sino que será preciso pasar del debate en el terreno de las ideas a la aplicación práctica de las mismas en un plazo de tiempo relativamente corto.

En los últimos cuarenta años han sido numerosos los acontecimientos políticos, sociales y económicos que han configurado lo que aquí llamamos el debate actual sobre los límites al crecimiento económico. Así mismo, numerosas aportaciones en el ámbito teórico han contribuido a enriquecer este debate desde una perspectiva intelectual. Las medidas adoptadas han sido limitadas, algunas de ellas muy relevantes, pero ciertamente estamos en un período en el que aún no se ha dado el tránsito definitivo de la teoría a la aplicación práctica generalizada de las políticas de sostenibilidad.

Si tenemos que elegir los acontecimientos clave en el desarrollo del debate actual sobre los límites al crecimiento entre 1972 y la actualidad, nos quedamos con los siguientes, cuyos fundamentos básicos se analizan, desde una perspectiva económica, en este epígrafe: La publicación del Informe Meadows, en 1972, la definición del término desarrollo sostenible, en el Informe Brundtland, en 1987, la celebración de la cumbre de la tierra, en Río de Janeiro, en 1992 y la firma del Protocolo de Kyoto, en 1997. El resto de acontecimientos relevantes producidos en los últimos cuarenta años se pueden vincular, de una u otra forma, a los cuatro que se acaban de citar.

La celebración en 1972 de la primera reunión internacional sobre medio ambiente convocada por Naciones Unidas en Estocolmo, Suecia, bajo el título de El medio ambiente humano, supuso la creación del Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), que desde entonces ha tenido como función principal estimular el debate sobre los problemas y actuaciones medioambientales y coordinar los trabajos realizados en ese sentido por la ONU. Los primeros planes trazados en Estocolmo han servido como punto de partida y han ido evolucionando a lo largo de las últimas décadas con la participación cada vez más amplia de dirigentes públicos y privados, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y la comunidad científica internacional.

Pero el interés contemporáneo por los límites del crecimiento económico, al margen de la importancia de esa primera cumbre sobre medio ambiente de las Naciones Unidas, se desarrolla sobre todo a raíz del denominado Informe Meadows, que en realidad tenía como título precisamente *Los límites al crecimiento*, publicado por vez primera en 1972 y reeditado con ciertas modificaciones en 1992, bajo el título de *Mas allá de los límites* y en 2006, titulándose esta última versión *Los límites al crecimiento: 30 años después* (Meadows *et al.*, 1972, 1992 y 2006). Este informe, en su versión original de 1972, fue elaborado por un equipo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) bajo la dirección de Donnell H. Meadows, encargado por el Club de Roma.

El Informe Meadows se puede considerar como la primera aportación técnica moderna con influencia en el debate sobre los límites al crecimiento económico, aunque es interesante resaltar que en ese mismo año 1972 un número especial de la revista *The ecologist*, editada por Edward Goldsmith, titulado “A blueprint for survival”, ponía de manifiesto, con una perspectiva anticrecimiento, la no

sostenibilidad del modelo de crecimiento económico vigente, analizando sobre todo su impacto medioambiental.

El objetivo del Informe Meadows era el estudio, a través de un complejo modelo computacional construido a partir de una gran base de datos, del futuro del planeta, centrándose en las interrelaciones entre variables como la población, la oferta de alimentos, la evolución de la contaminación o los diferentes usos y características de los recursos disponibles. A partir de esos datos se establecieron una serie de relaciones entre las variables definidas y el crecimiento económico, incluyendo una proyección para el futuro de dichas relaciones, en función de distintos escenarios.

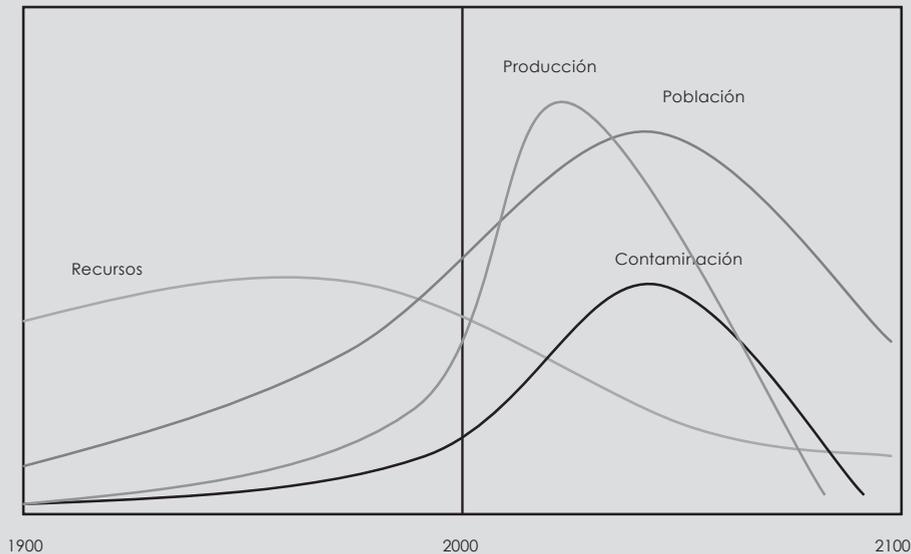
Las conclusiones de dicho estudio fueron, a grandes rasgos, las siguientes: (a) Las tendencias generales del crecimiento de la población, la industrialización, el nivel de contaminación ambiental, la producción de alimentos y el consumo de recursos naturales ponen de manifiesto una serie de limitaciones importantes al crecimiento que deben ser abordadas si no se quiere llegar a una situación límite en un plazo inferior a los cien años; (b) si la situación se mantiene como hasta entonces, es inexorable la reducción de la población y una pérdida considerable de la capacidad productiva; y (c) se advierte por vez primera de que es necesario abordar un planteamiento general del crecimiento basado en el concepto de sostenibilidad, en el sentido de que se precisa alcanzar un equilibrio entre la actividad económica y el medio ambiente que permita una tendencia creciente del nivel de vida antes de que se alcance una situación de desequilibrio natural y productivo.

En la Figura 2.2 puede verse un cuadro general con las proyecciones de algunas de las variables incluidas en el Informe Meadows, de acuerdo con un escenario estándar. La predicción que hace dicho informe en cuanto al límite físico de la tierra, establecido con un horizonte de aproximadamente cien años, obliga al planteamiento de nuevas estrategias para el desarrollo bajo un enfoque de sostenibilidad ambiental del crecimiento económico.

En el Informe Meadows la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente físico está en el centro de los planteamientos sobre la necesidad de diseñar una estrategia de sostenibilidad para el futuro inmediato. Pero esta visión pesimista sobre el futuro del planeta se encontró como contestación con planteamientos radicalmente diferentes de defensa del crecimiento como condición indispensable para el aumento de los niveles de vida. Tal es el caso, como referencia significativa de la obra de Wilfred Beckerman *In defence of economic growth* (Beckerman, 1974).

Esta controversia nos introduce en una de las cuestiones más interesantes derivadas de la publicación del Informe Meadows. Nos referimos a la respuesta del mundo de la ciencia económica, en particular de la teoría económica, a *Los límites al crecimiento*. En general, esta respuesta fue negativa, con críticas de carácter metodológico y acusaciones de neomalthusianismo. Una crítica realizada por Samuelson se centra fundamentalmente en que el informe no presta atención a los efectos de la escasez sobre los precios y el uso de los recursos. Nordhaus (1974), por su parte, critica el informe al considerar que no hace referencia a estudios científicos

Figura 2.2. Los límites al crecimiento (escenario estándar).



Fuente: Elaboración propia a partir de Meadows *et al.* (1972, 1992 y 2006).

consistentes, pero reconoce la necesidad y el interés de analizar el crecimiento desde una nueva perspectiva basada en las restricciones que imponen los recursos naturales, línea de investigación que él mismo aborda en años posteriores.

En las críticas de los economistas teóricos subyace claramente la idea de que el Informe Meadows adolece de la utilización de los instrumentos básicos de la teoría económica, por lo que presenta problemas de metodología. Además, al igual que ocurría con los planteamientos de Malthus y Ricardo, no se consideran los efectos de la escasez sobre los precios ni del progreso técnico para obtener conclusiones a largo plazo. Ya hemos visto que esta última cuestión no es completamente cierta ya que Malthus y, sobre todo, Ricardo y posteriormente Mill sí tenían en cuenta de alguna forma estos efectos, que reducían pero no eliminaban la posibilidad de alcanzar un nivel estacionario.

Otros economistas de igual nivel que los señalados, sin embargo, resaltaron sobre todo los aspectos positivos del informe. El caso más relevante es el de Jan Tinbergen, principal teórico de la política económica cuantitativa y especializado en modelos dinámicos, que consideraba que el Informe Meadows constituía una aportación importante al análisis y la estimación de fenómenos novedosos de gran interés, refiriéndose a la estimación cuantitativa del efecto global de las tendencias

demográficas, el agotamiento de los recursos y el aumento de la contaminación. De hecho, algunas de las últimas aportaciones teóricas de Tinbergen, durante la década de 1980, trataron precisamente sobre la relación entre crecimiento económico y medio ambiente. De manera similar, tal y como se ha comentado, William Nordhaus, crítico con la metodología del Informe Meadows, se ha especializado últimamente en modelos económicos sobre el impacto global del cambio climático.

Al margen de sus posibles problemas metodológicos, el Informe Meadows sirvió para que a comienzos de la década de 1970 comenzaran a proliferar opiniones en uno y otro sentido sobre los límites al crecimiento que contribuyeron a poner a disposición de la opinión pública y de los responsables políticos una serie de argumentaciones que hoy en día forman parte de un debate más amplio y de gran importancia para el futuro: el debate sobre el desarrollo sostenible.

Aunque implícitamente ya se había planteado con anterioridad, el término desarrollo sostenible surge a raíz del Informe Brundtland, que data de 1987, quince años después de la publicación de *Los límites al crecimiento*. En ese año la Comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo de las Naciones Unidas define por vez primera y de forma explícita el significado exacto del término desarrollo sostenible. Lo hace en un informe dirigido por Gro Harlem Brundtland y publicado bajo el título de *Nuestro futuro común*. Según esa definición se entiende por desarrollo sostenible “el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para asumir sus propias necesidades”. (Comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo, 1992 [1987]).

El Informe Brundtland y la definición de desarrollo sostenible representan un paso más de gran relevancia en el debate sobre los límites al crecimiento, al plantear la importancia que tienen para la sostenibilidad los conceptos de necesidades y limitaciones. El concepto de necesidades se refiere fundamentalmente a la satisfacción de las necesidades de los seres humanos de la tierra, dando prioridad a las de los habitantes de los países pobres, aunque en el informe se plantea que el desarrollo debe ser establecido en términos de sostenibilidad en todos los países, independientemente de sus niveles de renta. El concepto de limitaciones se entiende sobre la base de las restricciones que imponen el estado de la tecnología, la organización social existente y, por encima de todo, la capacidad del medio natural y la disponibilidad de recursos naturales para atender a las necesidades presentes y futuras de la población.

Como se puede ver, se trata de una reedición de la preocupación clásica pero con una clara intención de establecer mecanismos de intervención que permitan avanzar hacia la resolución del problema. De hecho, una de las implicaciones de mayor interés del Informe Brundtland es que pone de manifiesto la necesidad de que se diseñen estrategias que permitan a los países y regiones compatibilizar el crecimiento económico con el desarrollo social y la conservación del medio ambiente físico. Con esta finalidad, en el informe se enumeran una serie de estrategias concretas dirigidas a los siguientes objetivos: (a) revisar el modelo de crecimiento

económico vigente; (b) asumir las necesidades básicas de todos los habitantes del planeta; (c) asegurar un nivel sostenible de crecimiento demográfico; (d) conservar y aumentar los recursos naturales básicos; y (e) compatibilizar la actividad económica con la conservación del medio ambiente en los procesos de toma de decisiones públicas y privadas.

Como se puede observar se trata de planteamientos muy genéricos que se desarrollan de una manera más concreta a lo largo del informe y que sientan las bases de muchas de las políticas de sostenibilidad implementadas o proyectadas desde entonces. Con el Informe Brundtland se cierra un período que podemos considerar de construcción de los principios básicos de la sostenibilidad. La definición explícita del concepto de desarrollo sostenible y el establecimiento de recomendaciones de actuación generales y específicas marcan el inicio de una nueva fase en la que comienzan una serie de aplicaciones prácticas de dichos principios tanto en los ámbitos nacionales y locales como, sobre todo, en el plano internacional, iniciándose un período de desarrollo institucional de la sostenibilidad global.

La Cumbre de la tierra, acontecimiento histórico celebrado en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, y la Convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, conocida como Cumbre de Kyoto, Japón, celebrada en 1997, son las referencias clave de ese nuevo período, caracterizado por la proliferación de documentos y programas de actuación pública y privada en los que la conservación del medio ambiente y los principios del desarrollo sostenible tienen un papel decisivo. Aún así, puede afirmarse que los avances registrados desde comienzos de la década de 1990 hasta la actualidad en estas materias no han sido todo lo importantes que cabría esperar, registrándose incluso algún paso atrás cuyas consecuencias para el futuro son, en la primera década del siglo XXI, difíciles de precisar.

La defensa y puesta en práctica del concepto y los fundamentos del desarrollo sostenible fueron las bases sobre las que se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente, más conocida como Cumbre de la Tierra, que se celebró en Río de Janeiro en 1992. En esta conferencia se aprobaron cinco documentos destinados a ser la referencia de las estrategias de desarrollo sostenible, centrados en las siguientes cuestiones: (a) Declaración no obligatoria sobre medio ambiente y desarrollo; (b) declaración no obligatoria sobre bosques; (c) programa de acción para el desarrollo sostenible (más conocido como Agenda 21); (d) tratado internacional sobre la emisión de gases que provocan el llamado efecto invernadero; y (e) tratado internacional sobre diversidad biológica.

Aunque la aplicación práctica de estas declaraciones y tratados ha sido limitada, puede decirse que desde 1992 se han producido avances sobre todo en materia de cooperación internacional en el ámbito del medio ambiente, en la aplicación de la Agenda 21 y en el tratamiento conjunto del problema de la emisión de gases con efecto invernadero, causantes del cambio climático. Las cumbres sobre medio ambiente organizadas por Naciones Unidas desde la celebrada en Río han servido para profundizar en los principios generales del

desarrollo sostenible, pudiéndose destacar compromisos como los ratificados mediante declaración por la mayoría de los principales líderes mundiales en la Cumbre de Johannesburgo, Sudáfrica, en 2002.

Pero si es necesario destacar un ámbito específico en el que parece que se ha avanzado más en los últimos años es el tratamiento global del problema del cambio climático, cuestión que está en la actualidad en el centro del debate internacional sobre los problemas medioambientales, después de convertirse en el objeto de análisis en la Cumbre de Kyoto, celebrada en 1997, y que es, probablemente, la más conocida de las cumbres sobre medio ambiente celebradas hasta la fecha debido a la declaración del denominado Protocolo de Kyoto. En realidad, la reunión de Kyoto fue una de las Conferencias de las partes de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático que se celebran anualmente, pero probablemente la más relevante, todavía hoy, precisamente como consecuencia del famoso protocolo.

En el Protocolo de Kyoto se trataron de establecer compromisos explícitos por parte de los países desarrollados para la reducción de la emisión de gases con efecto invernadero, en particular de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El cumplimiento del acuerdo implica una reducción de este tipo de gases hasta límites anuales inferiores en un 5 por ciento, en promedio, en relación a las emisiones de 1990 durante el período 2008-2012 en los países industrializados. De esta forma se establece en la Cumbre de Kyoto una de las medidas concretas orientadas al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible a nivel global de mayor importancia.

Con respecto al cumplimiento del protocolo hay una serie de elementos que introducen cierta incertidumbre en las posibilidades de éxito del mismo. Por un lado, el papel de Estados Unidos, primero desmarcado del protocolo y actualmente comprometido en una estrategia propia con una orientación similar a la planteada en Kyoto. Por otro lado, las incertidumbres que suscita la exclusión del protocolo de países con un enorme potencial industrial, pero que forman parte del grupo de países emergentes, como es el caso, principalmente de China o la India. Por el contrario, la Unión Europea sí ha planteado una estrategia conjunta para el cumplimiento de los objetivos de reducción de la emisión de gases con efecto invernadero y dispone ya de elementos institucionales destinados a dicho fin.

El debate sobre el cambio climático parece que ha monopolizado la discusión sobre los límites al crecimiento en los últimos años. La aparición del denominado Informe Stern (2006) se puede situar en el centro de un debate entre los partidarios de asumir los costes del cumplimiento del Protocolo en términos de menor crecimiento y aquellos que no están dispuestos a renunciar al actual modelo de crecimiento económico al considerar exagerados los posibles efectos del cambio climático o inútiles las medidas planteadas en el Protocolo de Kyoto.

El único debate que ha hecho sombra al desatado como consecuencia de las advertencias sobre el cambio climático es el que se refiere a la cuestión energética. Se trata de un debate muy próximo al anterior, en el que se incorporan aspectos

de mucho interés desde el punto de vista de la economía como son el agotamiento de determinadas fuentes de energía, su impacto sobre los precios, su posible sustitución por fuentes alternativas y las políticas de sostenibilidad vinculadas a toda esta problemática.

En todo caso, sea mediante el impulso que ha supuesto la lucha contra el cambio climático o mediante problemas que perduran desde hace ya muchas décadas, como es el caso del agotamiento de recursos naturales, el debate sobre los límites al crecimiento sigue hoy en día vigente. Aunque en muchos casos se trata de un debate con un fuerte componente político o ideológico, la observación de la realidad y las aportaciones que puede realizar al mismo la ciencia económica con un enfoque tanto positivo como normativo aconsejan estudiar este tema en profundidad desde una perspectiva técnica.

## 2.4. Desarrollo económico y medio ambiente

El análisis de los límites al crecimiento económico se ha completado desde la década de 1990 con el estudio de las relaciones entre desarrollo económico y situación ambiental. La cuestión de fondo es que parece existir cierta evidencia de que un mayor nivel de renta está asociado con una mejor situación ambiental de los países, aunque esta regularidad se cumple sólo a partir de ciertos niveles de desarrollo (renta *per cápita*). La constatación de este hecho es relevante, ya que indicaría que el camino hacia el desarrollo económico es, a su vez, el camino hacia la sostenibilidad. El marco analítico para el estudio empírico de dichas interrelaciones nos lo proporciona la denominada Environmental Kuznets Curve (EKC) o Curva de Kuznets Medioambiental. En el resto del epígrafe utilizaremos las siglas en inglés EKC para referirnos a este instrumento analítico gráfico.

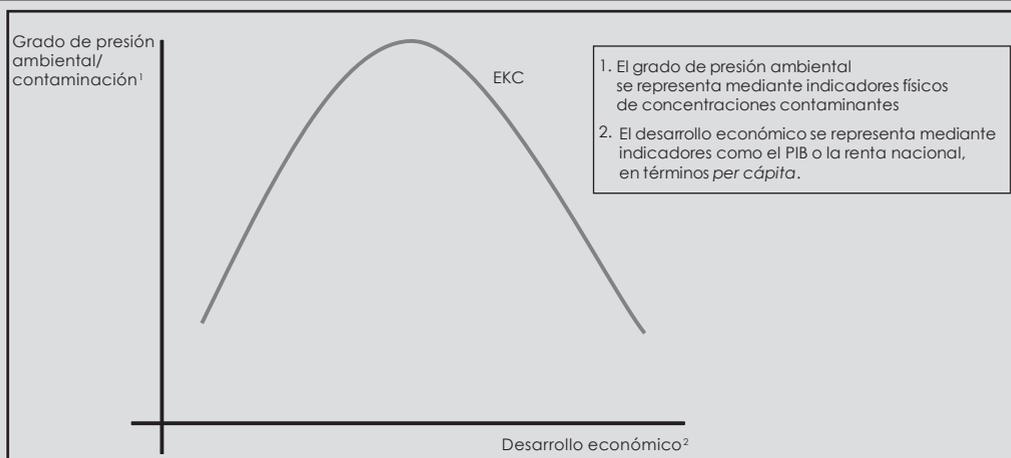
La EKC trata de proporcionar un marco general de análisis de las relaciones existentes entre indicadores económicos, fundamentalmente el PIB o la renta nacional en términos *per cápita*, e indicadores físicos representativos de la presión medioambiental, como pueden ser la concentración de CO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub>, de SO<sub>2</sub> o de metales pesados en la atmósfera. La de Curva de Kuznets Medioambiental surge de forma simultánea en los estudios de Panayotou (1992, 1993), Grossman y Krueger (1993) y Shafik y Bandyopadhyay (1992), sobre la base de una hipótesis formulada por Kuznets (1955), que ponía de manifiesto que las relaciones existentes entre la desigualdad de renta y el desarrollo económico presentaban una forma gráfica de U invertida.

Como la evidencia parece sugerir que algunos agentes contaminantes siguen con respecto a los ingresos o a la producción de muchos países un modelo de U invertida similar al comportamiento de las series temporales de desigualdad y renta descritos por Kuznets, ese modelo de interrelación entre agentes contaminantes y crecimiento económico se conoce en la actualidad con la denominación de Curva de Kuznets Medioambiental.

La representación gráfica estándar de la EKC es la de la Figura 2.3, en la que se muestra esa forma de U invertida que sugiere que a partir de un determinado nivel de desarrollo económico existe la posibilidad de invertir la presión medioambiental representada por la concentración de contaminantes (World Bank, 1992). Esta evidencia se apoya en diversos modelos de regresión que relacionan la calidad ambiental y los indicadores económicos, aunque el reconocimiento de que existen otras variables que influyen sobre economía y medio ambiente, que no se suelen incluir en los modelos, hace que la mayoría de los investigadores eviten interpretar los resultados obtenidos de una forma estructural (Andreoni y Levinson, 2001). De esa manera se mantienen abiertas tanto las posibles explicaciones a la U invertida del gráfico como la posibilidad de existencia de formas funcionales y gráficas alternativas.

Como investigaciones recientes que permiten estudiar tanto los fundamentos teóricos como empíricos de la EKC podemos citar Panayotou (2003), Dinda (2004), Dasgupta *et al.* (2002) y Yandle *et al.* (2004). El examen de la literatura sobre la EKC indica que son numerosos los estudios que a grandes rasgos identifican ese modelo de U invertida para la relación entre presión ambiental y desarrollo económico o nivel de renta. En muchos casos esta relación empírica se ha citado para argumentar, de una forma quizás excesivamente optimista, que el crecimiento económico puede conducir por sí mismo a la solución del problema de la degradación ambiental. En ese sentido, Beckerman (1992) pone de manifiesto que en definitiva

Figura 2.3. Representación estándar de la Environmental Kuznets Curve (EKC).



Fuente: Elaboración propia.

el mejor (o el único) modo de alcanzar un entorno medioambiental aceptable en la mayoría de los países es convertirse en un país rico. En el mismo sentido, Barlett (1994) indica que existiendo una regulación en materia medioambiental, con una reducción del crecimiento económico probablemente se reduzca también la calidad del medio ambiente. La interpretación de este fenómeno de Grossman y Krueger (1995) se basa en las políticas medioambientales, que normalmente son mucho más efectivas en un entorno de crecimiento económico.

Aceptando la forma convencional de la EKC, puede citarse como ejemplo concreto de máximos de renta para diversos tipos de contaminantes (*turning points*) el trabajo de Yandle *et al.* (2004), que actualiza un estudio previo de Cole, Rayner y Bates (1997). Los *turning points* obtenidos en ese estudio son los que figuran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Tipos de contaminantes y nivel de renta ( <i>turning points</i> de la EKC convencional)	
Contaminante	Renta <i>per cápita</i> (\$ de EE. UU. en 2003)
Dióxido de carbono	37000-57000
Monóxido de carbono	16300-16600
Nitratos	25600-41000
Óxidos de nitrógeno (industrial)	24800-25500
Óxidos de nitrógeno (transporte)	25000-29700
Dióxido de azufre	9600-11600
Dióxido de azufre (transporte)	15800-16500
Partículas en suspensión (no transporte)	12300-13600
Partículas en suspensión (transporte)	25300-30400

Fuente: Elaboración propia a partir de Yandle *et al.* (2004)

A pesar de los numerosos estudios que tratan de demostrar la forma de U invertida de la EKC, es necesario señalar que casi todos son estudios empíricos, de manera que lo que están haciendo es describir una relación histórica entre variables económicas y ambientales, pero no ofrecen una explicación concreta a dicha forma. A continuación nos centramos en tres aspectos fundamentales de la EKC: (a) la explicación de los modelos de U invertida; (b) las formas funcionales y gráficas de la EKC alternativas a dicho modelo de U invertida; y (c) las implicaciones analíticas y de política ambiental de la EKC en cualquiera de sus formulaciones.

Siguiendo a De Bruyn (2000) y a Andreoni y Levinson (2001), es necesario, en primer lugar, poner de manifiesto una serie de cuestiones que ayuden a explicar por qué la EKC puede tener la forma gráfica de U invertida, o si es posible plantear formas alternativas. Es importante, por tanto, entender la naturaleza y las causas

de la Curva de Kuznets Medioambiental antes de adoptar las conclusiones y las implicaciones de política ambiental a las que llegan autores como los anteriormente citados, basándose en exclusiva en la forma estándar de la EKC.

Se pueden citar varias explicaciones posibles para la relación observada de la U invertida. Arrow *et al.* (1995) señalan que es asumible que ese modelo esté reflejando en realidad una progresión natural del desarrollo económico, desde las limpias economías agrarias hasta las contaminantes economías industrializadas y las de nuevo más limpias economías basadas en el sector terciario. Para Suri y Chapman (1998) el mecanismo que estamos analizando probablemente es facilitado por las economías avanzadas que exportan sus procesos productivos más intensamente contaminantes a los países menos desarrollados. En ese caso, si el tramo de la curva que se corresponde con la relación inversa entre contaminación e ingresos se debe a este tipo de exportaciones entonces el proceso de mejora medioambiental no es posible que se pueda repetir de una forma indefinida, ya que los países más pobres no tendrán otros aún más pobres para poder exportar sus actividades contaminantes.

Una explicación alternativa para el modelo de U invertida es la que hace hincapié en el hecho de que la contaminación ambiental genera externalidades, y que una internalización apropiada de dichos efectos externos negativos requiere unas instituciones relativamente avanzadas para la adopción de decisiones para la colectividad que, probablemente, sólo puedan ser adoptadas y puestas en práctica en países desarrollados.

Jones y Manuelli (1995) plantean un modelo en el que el crecimiento económico se determina por la interacción existente entre el mercado y las regulaciones en materia de medio ambiente, estableciendo un sistema de toma de decisiones por la generación más joven. En ese modelo, dependiendo de cuál sea la institución encargada de la toma de decisiones, la relación entre contaminación y renta puede tomar la mencionada forma de U invertida, la forma monótona creciente o incluso otras formas en las que la relación tiene distintas tendencias en función de los distintos niveles de desarrollo. El papel clave lo juega en dicho modelo la efectividad de las agencias de regulación ambiental, que son más eficientes a partir de un determinado nivel de desarrollo.

Otros autores sugieren que la contaminación acaba por aumentar, aunque empiece disminuyendo con el aumento de ingresos, a partir de un cierto nivel, cuando el crecimiento económico se mantiene con condiciones no restrictivas, aunque prima la forma de U invertida si existen tales restricciones ambientales al crecimiento. Stokey (1998) plantea en ese sentido un modelo estático con la elección de tecnologías productivas con diferentes grados de contaminación, con el supuesto de que por debajo de un determinado nivel de actividad económica sólo se puede utilizar la tecnología más contaminante. Con el crecimiento económico la contaminación aumenta de un modo lineal con los ingresos hasta que el umbral señalado se supera y es posible utilizar tecnologías más limpias. El comportamiento

resultante para la EKC es el de una V invertida con un máximo en el punto en el cual es posible adoptar un conjunto de tecnologías más limpias.

De un modo similar, Jaeger (1998) parte del supuesto de que para niveles bajos de contaminación el deseo de los consumidores por el aire limpio está en cierto modo saciado, y que el beneficio marginal de la calidad ambiental adicional es cero o muy bajo. En esta situación, al igual que en el modelo de Stokey, la relación resultante para la EKC tiene una forma de V invertida, alcanzando el punto máximo cuando el óptimo se desplaza, matemáticamente, de una solución de esquina hacia una solución interior, es decir, cuando el beneficio marginal de las mejoras en la calidad ambiental deja de ser nulo.

En el mismo sentido se pueden citar las aportaciones de John y Pecchenino (1994), que plantean un modelo en el que la calidad medioambiental es un recurso que se degrada a lo largo del tiempo, a menos que se mantenga mediante esfuerzos que requieren importantes inversiones. Una economía que tiene una inversión medioambiental igual a cero (matemáticamente solución de esquina) verá disminuir su calidad ambiental a lo largo del tiempo y a medida que aumenta su nivel de desarrollo, hasta que llegado un punto máximo, se acometan las inversiones señaladas (solución interior del problema con una inversión ambiental positiva) y la calidad ambiental empiece a crecer con el desarrollo económico.

Cada una de las explicaciones propuestas conduce a unas recomendaciones de actuación en materia de política económica y ambiental diferentes. Así, la hipótesis de la exportación de contaminación sugiere la necesidad de control de capitales y de las operaciones de comercio exterior. Las implicaciones de política económica del modelo de Jones y Manuelli sugieren que los países desarrollados que no sean capaces de establecer políticas anticontaminación eficientes podrían beneficiarse de asistencia internacional que les permita establecer instituciones de control eficientes. Finalmente, los modelos de equilibrio comentados implican que cualquier política pública que acelere la transición de las soluciones de esquina a las soluciones interiores sería beneficiosa para el medio ambiente. Normalmente estas políticas públicas tendrían que ser políticas de fomento del crecimiento económico y de aumento de las inversiones para la mejora del medio ambiente.

Los fundamentos microeconómicos de la EKC han sido desarrollados por Andreoni y Levinson (2001), que formulan un enfoque alternativo a los que acabamos de señalar para estudiar la relación de U inversa de la Curva de Kuznets Medioambiental. En contraposición a las explicaciones anteriores, estos autores plantean un modelo simple y directo en el que se muestra el patrón de comportamiento que existe detrás de la U invertida a partir de la relación tecnológica existente entre el consumo de un bien deseado y la eliminación del subproducto no deseado. Para ello se centran en un modelo donde el concepto clave es el de economías de escala, en el que se demuestra que la característica fundamental de la relación con forma de U invertida entre contaminación e ingresos procede de los rendimientos crecientes a escala en el proceso de eliminación de la contaminación. Esta hipótesis

puede interpretarse también como una explicación adecuada a los planteamientos anteriores que suponían ineficiencia de las políticas ambientales de los países con bajos niveles de renta o dificultades para el funcionamiento de organizaciones ambientales supervisoras en países no avanzados.

Obsérvese, de todas formas, que este modelo basado en rendimientos crecientes a escala de los procesos descontaminantes no comparte el argumento de dejar hacer o de no intervencionismo con respecto a la contaminación, algo que parece justificable si se considera que a partir de un cierto nivel el crecimiento económico reduce el nivel de contaminación ambiental. Muy al contrario, plantea la necesidad de políticas activas de mejora de la calidad ambiental que serán más eficientes (presentarán economías de escala) cuanto mayor sea el nivel de desarrollo de los países.

Aunque todas las explicaciones que se acaban de comentar son técnicamente aceptables, es necesario señalar que la forma funcional y gráfica de la EKC no siempre ha resultado ser, en los estudios empíricos, la forma de U invertida que acabamos de señalar. De hecho, no parece razonable tener en cuenta únicamente esa posibilidad, dada la compleja interrelación que trata de establecer dicha curva y las múltiples posibilidades que se plantean desde el punto de vista teórico, así como la amplia variedad de variables que se pueden incluir en los modelos de regresión. En este sentido, Dasgupta *et al.* (2002) plantean diferentes escenarios para la EKC, partiendo de la forma convencional ya analizada e incorporando otro tipo de posibilidades de ajuste gráfico.

Si se analizan los resultados estadísticos de los diferentes estudios con detalle puede comprobarse que existen serias dudas para aceptar la hipótesis de U invertida de la EKC como una hipótesis estructural. Así, por ejemplo, Grossman y Krueger (1995) han encontrado evidencias para ciertos contaminantes de la existencia de una EKC en forma de N invertida. En realidad, es más correcto plantear cada caso de forma aislada y tratar de comprender los resultados que se obtengan para cada país y para cada tipo de relación, si se pretenden extraer conclusiones de política económica suficientemente fundamentadas.

Este es el planteamiento que se sigue en De Bruyn (2000) y Dinda (2004), que pone de manifiesto la posibilidad de existencia de múltiples formas funcionales y representaciones gráficas para la EKC, tanto desde el punto de vista teórico como empírico, aún reconociendo la forma estándar de U invertida. El método utilizado comúnmente en los estudios orientados a comprobar la verificación de la hipótesis básica de la Curva de Kuznets Medioambiental parte de un conjunto de observaciones que constituyen un panel de datos para varios países, referidos a indicadores de presión ambiental y renta, en diferentes momentos de tiempo. A esos datos de panel se aplica el siguiente modelo básico de regresión:

$$PA_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_1 Y_{i,t} + \beta_2 Y^2_{i,t} + \beta_3 Y^3_{i,t} + \beta_4 t + \beta_5 Z_{i,t} + e_{i,t}$$

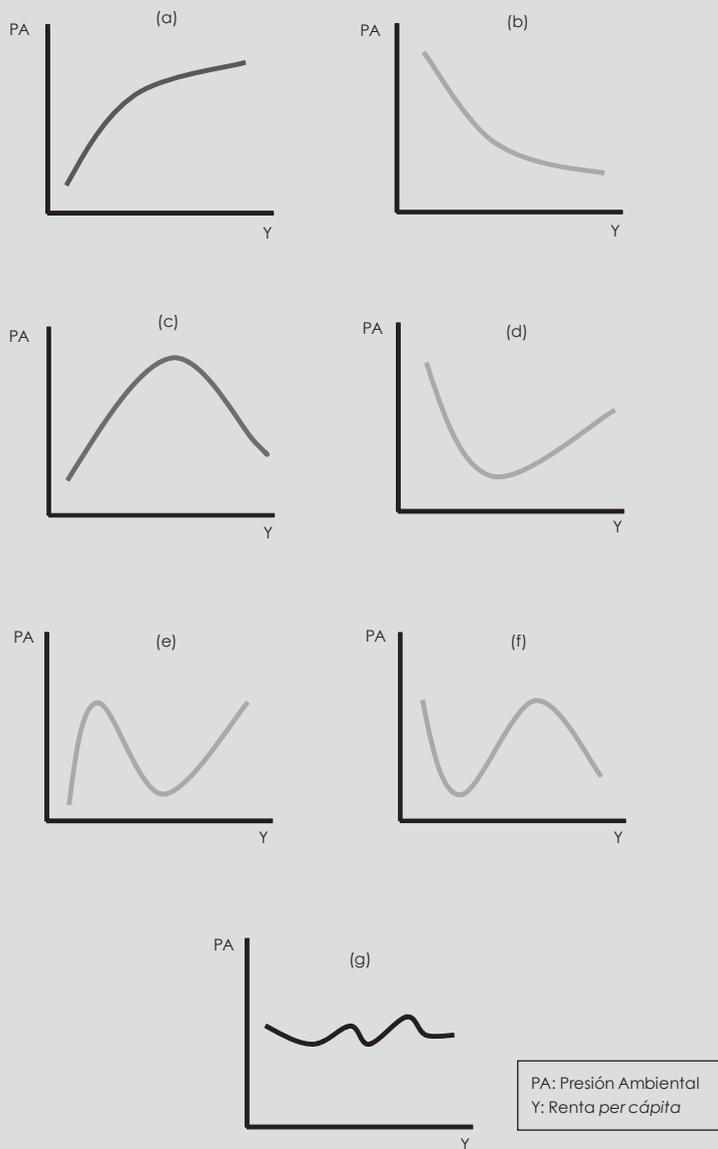
En dicha expresión PA simboliza la presión ambiental, Y la renta, i representa cada unidad observada (país o región), t es una variable representativa del

tiempo,  $\alpha$  es la constante del modelo (el nivel medio de presión ambiental para el que la renta no presenta influencia significativa), las  $\beta_j$  indican la importancia relativa de las variables explicativas,  $Z_{i,t}$  representa al resto de variables con incidencia significativa sobre la degradación ambiental y  $e_{i,t}$  es el término de error normalmente distribuido. Una especificación alternativa del modelo que se acaba de plantear consistiría en la transformación logarítmica lineal del mismo, que presenta algunas ventajas técnicas para su tratamiento estadístico en determinadas circunstancias. A continuación nos centramos tanto en el plano teórico como en el empírico, planteando el modelo de partida para el análisis de la EKC y las posibilidades alternativas de dicha curva en función de los valores que pueden adoptar los diferentes parámetros. Las representaciones gráficas de cada una de esas posibilidades teóricas son las de la Figura 2.4.

Los diversos valores que pueden adoptar los parámetros del modelo especificado permiten plantear hasta siete versiones diferenciadas de la relación entre la actividad económica y la situación medioambiental, representada mediante la EKC. Esas siete posibilidades se exponen analíticamente a continuación (Dinda, 2004) y gráficamente en la Figura 2.4 (De Bruyn, 2000).

- a.  $\beta_1 > 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0$  implica la existencia de una relación monótonamente creciente que indica que mayores niveles de renta están asociados a mayores niveles de emisiones contaminantes o de presión ambiental.
- b.  $\beta_1 < 0$  y  $\beta_2 = \beta_3 = 0$  implica la existencia de una relación monótonamente decreciente que pone de manifiesto que un mayor nivel de renta está asociado a unos menores niveles de presión ambiental.
- c.  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 = 0$  implica la existencia de una relación funcional en forma de U invertida, que se corresponde con la hipótesis básica o estándar de la EKC, y que significa que al aumentar la renta la presión ambiental crece hasta un cierto nivel y posteriormente se reduce conforme sigue aumentando el nivel de renta.
- d.  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  y  $\beta_3 = 0$  implica una relación cuadrática en forma de U, exactamente inversa a la hipótesis básica de la EKC. En esta situación a medida que aumenta la renta, inicialmente disminuye la presión ambiental y, a partir de un mínimo, vuelve a aumentar.
- e.  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$  implica una relación polinómica cúbica, representativa de una N, similar a la EKC estándar, pero con un aumento en el grado de presión ambiental para los niveles de renta más elevados.
- f.  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 < 0$  y  $\beta_3 > 0$  implica una relación polinómica cúbica, representativa de una N invertida, con una reducción inicial, un posterior aumento, y una reducción final de los niveles de presión ambiental a medida que aumenta el nivel de renta.
- g.  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  implica la inexistencia de relación alguna según el modelo planteado por la EKC, es decir, que la presión ambiental no está relacionada con los niveles de renta.

Figura 2.4. Representaciones gráficas alternativas de la EKC.



Fuente: Elaboración propia a partir de De Bruyn (2000).

Las posibilidades teóricas que acabamos de plantear, así como sus versiones gráficas, ponen de manifiesto que la hipótesis básica de la EKC (U invertida) es solamente una de las posibles formas de la relación entre presión ambiental y niveles de renta. De hecho, en el plano empírico existen numerosos estudios que tratan de estimar la forma concreta de la EKC, que demuestran que en algunos casos los resultados empíricos difieren notablemente de la forma estándar de la Curva de Kuznets Medioambiental, aunque otros verifican en la práctica la existencia de la U invertida.

Puede verse, en este sentido, el excelente trabajo recopilatorio sobre la evidencia empírica de la EKC realizado por Panayotou (2003). En esta recopilación figuran un total de 125 comprobaciones empíricas de la relación entre diversos tipos de contaminantes y niveles de renta. De dichas comprobaciones un total de 52 ofrecen evidencia econométrica sólida acerca de la existencia de una relación en forma de U invertida, mientras que las restantes muestran otro tipo de formas funcionales. Centrando el análisis en un grupo más restringido de estudios seleccionados por Panayotou (2003), de un total de 41 estimaciones se obtiene evidencia de U invertida en un total de 20 casos.

La literatura teórica y los modelos empíricos desarrollados sobre la EKC ponen de manifiesto que no se puede utilizar la Curva de Kuznets Medioambiental como una representación funcional concreta que implique una relación estructural fija entre crecimiento económico y situación medioambiental. Pero eso no quiere decir que la EKC sea inservible desde el punto de vista analítico o en el plano de su utilización en política económica. Al contrario, la Curva de Kuznets Medioambiental ofrece una metodología de análisis de la relación entre economía y medio ambiente de gran valor, siempre y cuando se utilice de una forma adecuada.

Esto último implica establecer modelos concretos para cada caso, así como seleccionar adecuadamente las variables que se incluyen, sobre la base de la realización de test de cointegración específicos, para que los resultados sean representativos y se puedan utilizar como información por los *policy-makers*. De hecho, un análisis coherente basado en la EKC puede ser de tanta utilidad que incluso resulta adecuado para calcular los límites que permiten los indicadores físicos en un modelo de política económica cuando se pretende maximizar el crecimiento económico con restricciones de sostenibilidad ambiental.



# Capítulo 3

## La economía circular

### 3.1. Introducción

La teoría económica convencional utiliza una serie de métodos y técnicas de análisis cuyas referencias básicas son el funcionamiento del mercado, en el caso de la microeconomía, y el equilibrio macroeconómico, en el caso de la macroeconomía. En un conocido artículo con ciertos tintes sarcásticos acerca de los economistas teóricos, Leijonhufvud (1973) sintetizó esta idea hablando de las curvas de oferta y demanda como tótem de la microeconomía y del modelo IS-LM como tótem de la macroeconomía. Aunque algunos paradigmas básicos se han modificado desde 1973, a grandes rasgos, la idea planteada por Leijonhufvud sigue siendo válida.

La introducción de las cuestiones ambientales y de las relacionadas con los recursos naturales en el análisis económico se ha desarrollado esencialmente utilizando como referencia el paradigma neoclásico de la teoría económica, al menos hasta hace pocos años. Ha sido la microeconomía la que se ha preocupado de analizar estos problemas y la teoría de la hacienda pública y la economía institucional las que han propuesto algunas de las intervenciones más significativas en esta materia desde el ámbito normativo.

El estudio analítico de las externalidades, en particular de las negativas, como caso específico de fallo de mercado ha dado cobertura teórica a los problemas ambientales. La contaminación se puede considerar como un caso ejemplar de efecto externo negativo. Las principales soluciones a estos problemas se han planteado por medio de los impuestos pigouvianos y de las soluciones negociadas de Coase. Todas estas referencias han dado lugar a la denominada economía ambiental o, más ampliamente, economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Por

otro lado, el análisis económico ha permitido desarrollar modelos de gestión de recursos naturales renovables y no renovables.

La economía ambiental es una disciplina de la economía convencional, ya que utiliza el instrumental analítico típico de la teoría económica de corte neoclásico. Incluso, si consideramos que la economía ambiental pretende construir economía positiva, existe una vertiente normativa de la misma, que es la política económica del medio ambiente, cuyas referencias teórica seminales y más relevantes son Baumol y Oates (1982) [1975] y (1988).

En el ámbito de la macroeconomía los avances que se han producido han sido menos destacados. Los primeros análisis agregados sobre los límites al crecimiento de los economistas clásicos, los modelos que han dado lugar a las conclusiones del Informe Meadows y otras aportaciones comentadas en el capítulo anterior, no son suficientes para poder hablar de una macroeconomía ambiental. La economía ambiental sigue siendo microeconomía ambiental, y la gestión de recursos naturales sigue adoptando como referencia técnica de análisis a la microeconomía.

Daly (1991) hace alusión, precisamente, a la necesidad de desarrollar una macroeconomía ambiental, aunque no sea tanto una propuesta en el plano investigador y se centre, inicialmente, en la inclusión de estas cuestiones en textos de macroeconomía. Probablemente, el modelo IS-LM-EE original de Heyes (2000), al que nos referiremos con amplitud en capítulos posteriores, es el intento más próximo al desarrollo de una macroeconomía ambiental planteado hasta el momento.

A partir de la década de 1960 comenzaron a desarrollarse nuevos programas de investigación en análisis económico, política económica y economía del sector público, alternativos al planteamiento convencional de corte neoclásico. En el ámbito de las relaciones entre economía y medio ambiente surgen orientaciones teóricas distintas a la economía ambiental (que en todo caso sigue desarrollándose como enfoque analítico) centrados en una perspectiva más ecológica que económica. A partir de aportaciones concretas de grandes economistas como Kenneth Boulding y Nicholas Georgescu-Roegen, surge un enfoque nuevo concerniente a las relaciones entre economía y ecología que culmina con la denominada economía ecológica, que se centra en el análisis de las relaciones económicas con una perspectiva de sostenibilidad ecológica a largo plazo y con un carácter multidisciplinar.

Como paso previo al desarrollo de la economía ecológica, la denominada economía circular o enfoque del balance de materiales estudia la relación entre economía y medio ambiente físico desde la perspectiva de las leyes de la termodinámica y considerando esa relación como un sistema circular frente al sistema lineal propio de la economía convencional. La economía circular es el precedente más claro de lo que aquí denominamos economía sostenible, ya que, aunque el enfoque analítico de la economía sostenible es esencialmente el de la teoría económica convencional, la perspectiva a largo plazo y la concepción de las relaciones entre economía y entorno natural procede de la economía circular.

Este capítulo del texto está dedicado precisamente al estudio de los fundamentos básicos de la economía circular y a sus derivaciones actuales centradas en el programa de investigación científica (o, para muchos, paradigma en el sentido de Kuhn) de la economía ecológica. Estimamos necesario este estudio de la economía circular dado que constituye una de las raíces esenciales de la economía sostenible.

### 3.2. La relación entre economía y medio físico

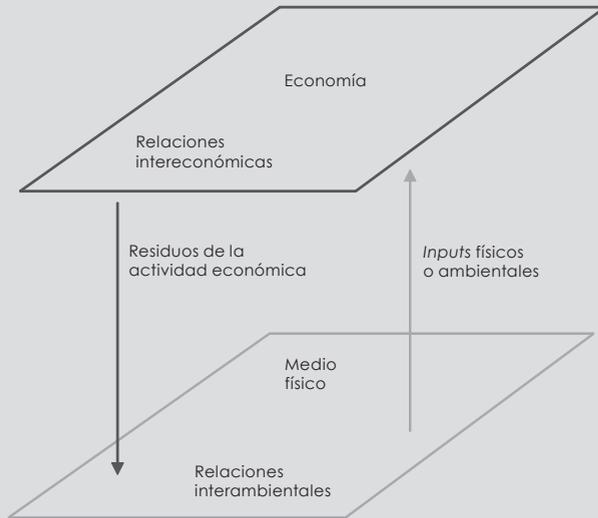
El análisis económico convencional se ocupa fundamentalmente del estudio de las relaciones económicas. Las ciencias ambientales, la ecología y otras ciencias naturales tienen como objeto el estudio científico del medio natural. En realidad, ambas perspectivas constituyen análisis parciales de una serie de fenómenos en los que existe una clara interacción entre la economía y el medio físico.

Dejando al margen la ecología, que también recibe en ocasiones la denominación de economía de la naturaleza (véase Ricklefs, 1998), la teoría económica ha abordado las interrelaciones entre economía y naturaleza aplicando métodos convencionales (análisis neoclásico) a cuestiones ambientales y a la gestión de recursos naturales. A partir de la denominada economía ambiental se comenzó a analizar de una forma sistemática la relación entre el ámbito económico y el medio físico en el que se desarrollan las actividades socioeconómicas. Con una perspectiva metodológica diferente, la economía ecológica profundizó en dicho análisis, pero considerando en este caso que la economía es en realidad un subsistema de la naturaleza.

Siguiendo el planteamiento de Pearce y Turner (1995) [1990] la relación entre economía y medio físico puede sintetizarse de la forma presentada en la Figura 3.1. En esa figura hay dos planos diferenciados: el representativo de la economía y las relaciones intereconómicas, por un lado, y el que representa al medio físico o naturaleza y a las relaciones interambientales que tienen lugar en dicho entorno natural, por otro. Las relaciones entre ambos planos, que son las que aquí más nos interesan, se representan en dos direcciones. En primer lugar, el medio natural proporciona los *inputs* físicos o ambientales que necesita la economía para desarrollar sus funciones de producción. En segundo lugar, la actividad económica (o más correctamente, la actividad socioeconómica) genera una serie de residuos que deben ser asimilados por el medio natural, que desempeña así una función de sumidero.

Si utilizamos una terminología propia del análisis *input-output*, de acuerdo con los modelos originales de Leontieff, los dos planos que se acaban de comentar, economía y medio físico, se pueden identificar con dos matrices de relaciones intereconómicas, en el primer caso, e interambientales, en el segundo. Las relaciones intereconómicas, de las que se ocupa la teoría económica, tratan del modo en que interaccionan los distintos componentes de esa primera matriz. Por ejemplo, tratan de aspectos como las consecuencias de alteraciones en oferta y demanda sobre precios y cantidades, o como los efectos de la modificación de

Figura 3.1. La relación entre economía y medio físico.



Fuente: Adaptado de Pearce y Turner (1995) [1990].

los *inputs* sobre el *output*, de acuerdo con determinados supuestos teóricos. La matriz inferior se refiere a las relaciones interambientales, de las que se ocupan las ciencias ambientales o, más ampliamente, algunas de las más importantes disciplinas de las ciencias naturales. Aquí figurarían aspectos relacionados con los recursos naturales y con la capacidad de asimilación de residuos del medio ambiente. Por ejemplo, los ritmos de regeneración natural de recursos, los períodos de descomposición de residuos, los ciclos del carbono, etc.

Pero además, es necesario estudiar las relaciones entre ambas matrices. Es preciso analizar, por ejemplo, cómo afecta el sistema de precios a la escasez de recursos naturales o cómo determinados incentivos económicos pueden variar el nivel de residuos en función de la capacidad de asimilación del medio natural. La economía ambiental, con una perspectiva metodológica, y la economía ecológica, con otra, abordan estas interrelaciones entre las dos matrices. En ambos casos, la visión del funcionamiento de la economía es más holística que la de la economía convencional, en la medida en que se trata de un planteamiento más amplio y más comprehensivo que el de la teoría económica pura.

La idea de relación entre los planos o matrices que estamos comentando abre la posibilidad de analizar el funcionamiento conjunto del sistema economía-ecología mediante técnicas *input-output*. Un instrumento analítico de este

tipo permite modelizar los nexos de unión entre economía y naturaleza de una forma detallada. Pero este enfoque sigue siendo en todo caso un planteamiento de carácter microeconómico, en la medida en la que aborda las relaciones economía-naturaleza como si fuesen relaciones interindustriales.

En el análisis que se está desarrollando en este texto necesitamos un enfoque más macroeconómico, aunque no hay duda de que la macroeconomía tiene una base consistente en la agregación de microfundamentos. La idea básica que pretendemos desarrollar consiste en la comparación entre los tamaños de las dos matrices y en el estudio agregado de los nexos de unión entre ambos planos. Esos nexos de interacción entre economía y medio natural se basan, como ya se ha comentado, en dos funciones del medio físico: proporcionar *inputs* y asimilar residuos. Precisamente la denominada economía circular permite elaborar un fundamento teórico de carácter macro que engloba las dos funciones comentadas como enlace entre el plano económico y el plano ambiental.

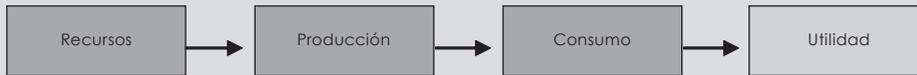
### 3.3. Del sistema lineal a la economía circular

La idea de economía circular se basa en las aportaciones teóricas de autores pertenecientes al ámbito de la teoría económica, pero con una visión heterodoxa de las relaciones entre economía y medio ambiente. De hecho, plantean esas relaciones sobre la base de las leyes de la termodinámica, sin olvidar, en el proceso de construcción de sus argumentos, elementos propios de la teoría económica, sobre todo los procedentes del análisis económico del proceso productivo (transformación de *inputs* en *output*). Las dos principales referencias a citar en este ámbito son Boulding (1966) y Georgescu-Roegen (1971). Con posterioridad a estos autores, otros muchos han profundizado en esta concepción de la relación economía-ecología, surgiendo perspectivas teóricas hoy en día fundamentales como la economía ecológica, cuyas referencias iniciales corresponden a Herman Daly y Robert Costanza.

La concepción circular de la actividad económica, es decir, la economía circular, surge en contraposición a la perspectiva lineal del análisis económico convencional. La Figura 3.2 sintetiza esa primera idea de sistema lineal abierto como descripción del funcionamiento de una economía. En dicha figura, los recursos naturales desempeñan el papel de *inputs* del sistema productivo. La producción está orientada a un mercado de bienes de consumo que proporcionan al consumidor utilidad, entendida como medida del nivel de satisfacción derivado del consumo y que, en última instancia, es una especie de índice de bienestar final de este proceso de configuración de la economía como sistema lineal.

En este modelo de partida tan sencillo los recursos naturales son un *input* del sistema económico lineal. Por lo tanto, esta perspectiva lineal sólo refleja una primera función del entorno natural. En la relación de matrices o planos comentada en el epígrafe anterior se trata sólo del nexo que tiene como punto

Figura 3.2. La economía como sistema lineal.



Fuente: Adaptado de Pearce y Turner (1995) [1990].

de partida el medio natural y punto de destino el plano de la economía. La teoría económica convencional recoge esta primera función, que es susceptible de aplicación del instrumental analítico tradicional como puede ser el caso, por ejemplo, del análisis marginal.

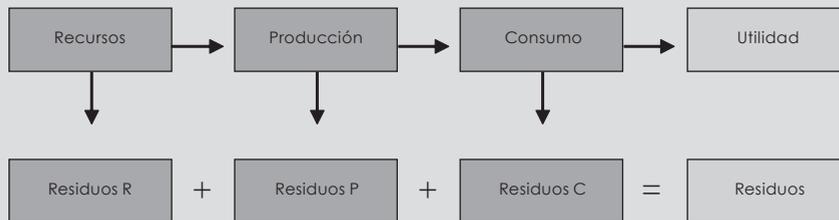
A pesar de que se trata de un planteamiento muy elemental, este sistema lineal ya permite analizar aspectos muy relevantes de la relación entre economía y medio ambiente. La distinción entre recursos renovables y no renovables facilita la elaboración de modelos de gestión de recursos naturales con instrumentos analíticos de teoría microeconómica. Éstos hacen posible vincular ritmos de explotación con capacidades de reproducción natural, en el caso de los recursos renovables, y comprobar las relaciones entre precios y escasez y los efectos del progreso técnico o de la aparición de recursos sustitutivos, en el caso de los no renovables.

En el modelo lineal siguen faltando elementos clave de los nexos de unión entre economía y medio físico. Nos referimos, especialmente, al problema de la contaminación o la producción de residuos. En la Figura 3.3 se amplía el sistema lineal que hemos utilizado como punto de partida incorporando esta segunda función del medio natural como sumidero de residuos.

El entorno natural se convierte en receptor de residuos del sistema económico que proceden de las tres fases del proceso productivo lineal. La fase de extracción de recursos o *inputs* naturales origina una serie de residuos R, en la fase de producción se generan residuos P y en la fase de consumo se producen residuos C. La suma de estos tres tipos representa el flujo total de residuos que el entorno natural tiene que estar en disposición de asimilar.

De esta forma se incluye el segundo nexo de unión entre el plano económico y el plano ambiental. La teoría económica aborda también esta cuestión, ya que el análisis de la denominada contaminación óptima, que es un caso específico del estudio de los efectos externos negativos, y sus propuestas de solución originales de Pigou (1920) y Coase (1960) profundizan en esta cuestión, aunque sólo recogen de forma implícita los límites de la capacidad de asimilación de residuos del medio natural. Realmente, el problema se trata con una perspectiva microeconómica como

Figura 3.3. La economía como sistema lineal con producción de residuos.



un caso específico de fallo de mercado en el que el coste social de las actividades contaminantes es mayor que su coste privado.

La conversión de este sistema lineal en un sistema circular parte de la aplicación de la primera ley de la termodinámica al planteamiento representado en la Figura 3.3, es decir, al sistema de economía lineal con producción de residuos. Esa primera ley de la termodinámica indica que no es posible ni crear ni destruir energía ni materia. Si adoptamos como supuesto simplificador de partida que la energía y la materia no se incorporan al capital, esa primera ley implica que todos los recursos utilizados en el sistema productivo terminan en algún lugar del sistema ambiental en forma de residuos.

A partir de esta idea, Boulding (1966) planteó en su original ensayo *The economics of the coming spaceship earth*, la necesidad de analizar las relaciones entre economía y medio natural desde una perspectiva circular y cerrada. Es decir, presentó la idea de economía circular frente a la economía lineal típica de la teoría económica. El argumento central de Kenneth Boulding se basaba en la consideración del planeta tierra como una especie de nave espacial en la que hay unas existencias de recursos de partida y una fuente energética externa (la energía solar) cuya gestión determina la esperanza y el nivel de vida de los residentes en dicha nave (la población mundial).

La consideración del planeta como una nave espacial obliga a plantear un sistema económico cerrado, en el que las relaciones entre economía y entorno natural deben ser circulares y no lineales. Un sistema lineal supone asumir que el objetivo de la economía es proporcionar utilidad y que la organización de los procesos productivos obedece a este fin. Pero al tratarse de un sistema abierto ignora que esos procesos productivos tienen restricciones que se convierten en claros límites para la utilidad generada. Cerrar el sistema, o convertirlo en circular, supone asumir que en efecto existen esas restricciones impuestas por el medio natural. Aquí están precisamente

las bases de la economía sostenible: la existencia de restricciones de sostenibilidad en los procesos de generación de utilidad del sistema económico.

En una economía circular el concepto de *input* se amplía notablemente, ya que al cerrarse ese sistema economía-medio ambiente cualquier parte del mismo puede desempeñar la función de *input* para el resto del sistema. Precisamente en este punto es necesario introducir el elemento clave que permite la circularidad a la que nos estamos refiriendo. Ese elemento es el reciclaje (en sentido amplio).

El nivel de vida en el sistema cerrado o nave espacial tierra de Boulding depende de la capacidad de los habitantes de dicha nave para gestionar la dotación de recursos disponible, teniendo en cuenta las características de cada tipo de recurso y esa idea ampliada del concepto de *input*. El reciclaje de recursos ya utilizados es imprescindible en ese proceso de gestión en un sistema económico cerrado. Esto quiere decir que pueden reciclarse los residuos y así generarse una nueva entrada de los mismos en el sistema como *inputs* en la fase de recursos, tal y como se plantea en la Figura 3.4.

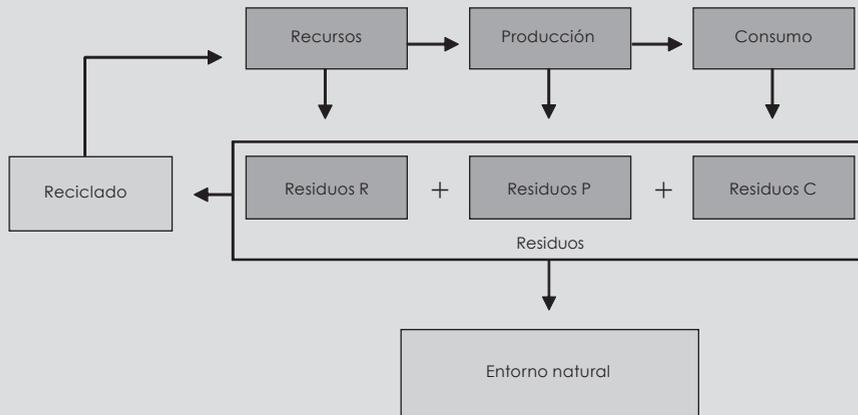
En la figura se sintetiza la idea de economía circular. El flujo lineal de recursos, producción y consumo (por simplicidad se elimina la utilidad) genera un flujo de residuos, una parte de los cuales se destina a reciclado para entrar de nuevo en el sistema como recursos (*inputs*). En este esquema es necesario introducir una consideración adicional muy relevante desde la perspectiva de la sostenibilidad. Como se puede ver, sólo una parte de los residuos se destina a reciclado. El resto se dirige hacia el entorno natural que desempeña así su función de sumidero de residuos.

Es decir, el elemento clave del proceso circular es el reciclado. Sin embargo, ese reciclado requiere energía y sólo afecta a una parte de los residuos, razonamiento que procede de la aplicación al proceso económico de la segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía. Esta aplicación, mencionada por Boulding, procede sobre todo de la obra de Georgescu-Roegen (1971) *La ley de la entropía y el proceso económico*, una de las referencias clave para entender las relaciones entre sistema económico y sistema ambiental desde la perspectiva de la economía circular.

*La ley de la entropía* supone que los recursos se utilizan en el sistema económico de forma entrópica, es decir, se disipan dentro de ese sistema económico, haciendo técnicamente muy complicado el reciclaje de todos los residuos derivados del proceso. Además, se da la circunstancia de que algún tipo concreto de residuo es imposible de reciclar, como ocurre, por ejemplo, con los residuos procedentes de la transformación de la energía. La entropía supone, pues, un importante elemento a considerar a la hora de diseñar y analizar el proceso económico de acuerdo con un modelo circular.

Nos centramos ahora en la función del medio ambiente como sumidero de los residuos que no son susceptibles de reciclaje. Esa función la cumplirá el entorno natural dependiendo de su capacidad de asimilación o capacidad de carga. Si el flujo de residuos que no se puede reciclar no supera la capacidad de asimilación

Figura 3.4. La economía circular.



Fuente: Adaptado de Pearce y Turner (1995) [1990].

del medio ambiente, entonces la economía circular funcionará de forma natural y sostenible, aunque con una disminución del *stock* de recursos no renovables. Si, por el contrario, ese flujo de residuos supera la capacidad de carga se estará alterando el funcionamiento del sistema circular y poniendo en peligro el equilibrio natural del sistema economía-naturaleza. Este último caso es el representativo de una situación de no-sostenibilidad global.

### 3.4. Reglas para la sostenibilidad en un sistema circular

En el epígrafe anterior se planteó la necesidad de utilizar como referencia un modelo de economía circular frente al modelo lineal abierto propio de la economía convencional. Ese sistema circular pone claramente de manifiesto dos grandes funciones del entorno natural, la provisión de recursos naturales al sistema productivo y la asimilación de residuos. Estas dos funciones están condicionadas por la actuación de la primera y la segunda ley de la termodinámica.

Del modelo de economía circular se derivan dos grandes reglas de actuación global para que la economía sea sostenible. Expresadas mediante símbolos esas reglas serían las siguientes (Pearce y Turner, 1995 [1990]):

1.  $h < y$
2.  $W < A$

En esas expresiones,  $h$  representa la tasa o ritmo de explotación de los recursos, y la tasa de crecimiento o regeneración de dichos recursos,  $W$  es el flujo de residuos totales no susceptibles de reciclado y  $A$  la capacidad de asimilación de residuos del entorno natural.

El cumplimiento de las dos reglas de sostenibilidad anteriores supone que puedan crecer las existencias de recursos (cuando el signo es  $\leq$  supondría un mantenimiento o un aumento del *stock* de recursos) y que la asimilación de residuos permita mantener el equilibrio natural. Lógicamente, con signos contrarios estaríamos en una situación no sostenible, en el sentido de que la explotación de recursos sería superior a su capacidad de regeneración y se estarían produciendo residuos por encima de la capacidad natural de absorción de los mismos.

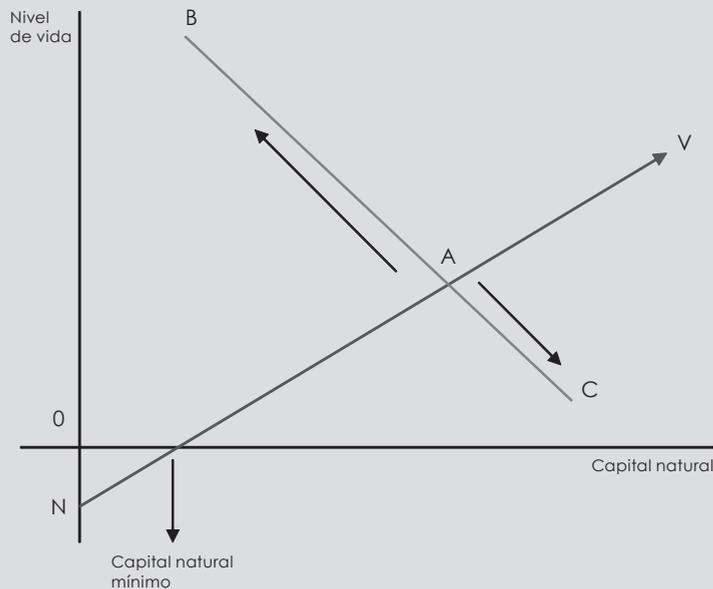
El hecho de que no se diferencie entre recursos renovables y no renovables en la primera de las reglas de sostenibilidad obedece a que podemos considerar que en muchos casos ambos tipos de recursos son sustituibles entre sí. El ejemplo más claro de este proceso es la sustitución de las fuentes de energía de origen fósil por fuentes renovables tales como la energía eólica, la hidroeléctrica o la energía solar.

Aún sin abandonar la simplicidad de esta parte del texto, es necesario profundizar un poco más en estas reglas de sostenibilidad aludiendo a los dos grandes paradigmas (en el sentido planteado por Neumayer, 2003) de la sostenibilidad ambiental: sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte. La sostenibilidad débil se basa en la idea de sustituibilidad entre tipos de capital. Eso significa que no se abandona la senda de la sostenibilidad por el hecho de destruir capital natural, ya que es posible compensar esa destrucción o deterioro con otro tipo de actuaciones conducentes a un aumento del bienestar (por ejemplo la inversión en infraestructuras). Por el contrario, la sostenibilidad fuerte no se basa en la idea de sustituibilidad, de forma que una pérdida de capital natural por debajo de un cierto límite es irreversible y supone abandonar la senda de la sostenibilidad.

La Figura 3.5. ilustra una situación de senda de sostenibilidad bajo el paradigma de sostenibilidad débil. Dicha figura relaciona el nivel de vida con el capital natural o *stock* de recursos naturales disponible. La línea NV refleja una relación directa entre ambas variables, lo que significa que a mayor disponibilidad de recursos naturales mayores posibilidades habrá de aumentar el nivel de vida respetando la senda de la sostenibilidad. El valor N representa una situación en la que los recursos disponibles no permiten alcanzar siquiera un nivel de subsistencia, que sólo existirá a partir del *stock* de capital natural mínimo. A partir de ahí suponemos que una economía despega hasta situarse en un nivel A dentro de la senda de sostenibilidad.

Alcanzado ese punto A, la idea de sostenibilidad débil plantea la posibilidad de establecer una relación de intercambio entre nivel de vida y capital natural. Se puede avanzar desde A hacia B aumentando el nivel de vida a cambio de una disminución de capital natural o de A hacia C, mejorando la disponibilidad de

Figura 3.5. Reglas de sostenibilidad débil.



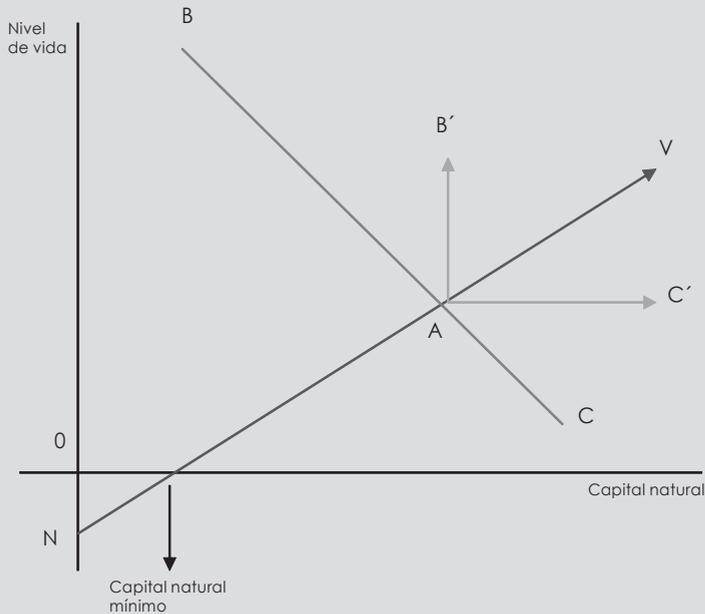
Fuente: Adaptado de Pearce y Turner (1995) [1990].

recursos naturales a cambio de un menor nivel de vida. Esta senda de sostenibilidad en la que se permite el intercambio entre nivel de vida y capital natural es la versión más extendida de sostenibilidad del proceso económico una vez que se ha alcanzado un nivel como el determinado por A, aunque ciertamente puede tratarse de desplazamientos transitorios en la línea BC para posteriormente regresar a NV.

El paradigma de sostenibilidad fuerte plantea una situación diferente. En ese caso, suponiendo que A es nuestro punto de partida y que no se desea volver atrás por la senda NV, las posibilidades de generar un proceso económico sostenible se representan en la Figura 3.6. En dicha figura las posibilidades de avance desde A manteniendo el criterio de sostenibilidad fuerte pueden ser de A hacia V, de A hacia B' y de A hacia C'.

La región comprendida entre esos tres vectores es la que configura la senda de sostenibilidad fuerte partiendo de la situación A. Siguiendo el camino de A hacia B' se produce un aumento de los niveles de vida manteniendo el *stock* de recursos inicial. Desde A hacia C' se produce una mejora en los niveles de recursos naturales a cambio de un estancamiento del nivel de vida (en todo caso nivel alto, ya que se ha supuesto un despegue desde N hasta alcanzar A). La senda AV representaría una mejora de las dos variables consideradas en la figura.

Figura 3.6. Reglas de sostenibilidad fuerte.



Fuente: Elaboración propia a partir de Pearce y Turner (1995) [1990].

Las figuras 3.5. y 3.6. pretenden ser simplemente una forma de ilustrar una conclusión muy importante desde el punto de vista de la economía sostenible. Esa conclusión es que la idea de sostenibilidad del proceso económico presenta múltiples matices y depende de numerosos factores, de forma que la senda de sostenibilidad no tiene porque ser única, ni tan siquiera desde un punto de vista teórico. En esas dos figuras puede verse que la senda de sostenibilidad puede variar en función del nivel de desarrollo (no es lo mismo el planteamiento que hemos hecho en un punto como A que en un nivel de desarrollo inferior). Igualmente, el camino de la sostenibilidad puede seguirse atendiendo a diversos criterios. En algunos casos puede ser necesario aceptar una pérdida de capital natural a cambio de inversiones en infraestructuras que mejoren el nivel de vida y en otros casos puede ser preferible mejorar el *stock* de recursos naturales aceptando a cambio un estancamiento en los niveles de vida.

Todas estas cuestiones son de gran relevancia en las discusiones políticas sobre economía sostenible que se están dando en la actualidad en el mundo. Aunque pueden parecer consideraciones demasiado simplificadas o realizadas en abstracto, lo cierto es que el camino de la sostenibilidad se emprende o no en un país (desarrollado o en vías de desarrollo) en función de las respuestas que se quieran dar a las posibilidades descritas en este epígrafe.

# Capítulo 4

## Microeconomía y sostenibilidad

### 4.1. Introducción

La concepción circular de la economía planteada en el capítulo anterior delimita las funciones del entorno natural en dos ámbitos diferenciados: proporcionar *inputs* al sistema productivo y realizar funciones de sumidero de residuos no reciclables. La función de *inputs* la desempeñan los recursos naturales, renovables o no renovables, mientras que los residuos no reciclables se pueden identificar con los diferentes tipos de contaminación.

Las reglas básicas de sostenibilidad se centran precisamente en esos dos aspectos. Por un lado, la tasa de explotación de los recursos no puede superar su capacidad de regeneración. Por otro, la contaminación generada no puede ser mayor que la capacidad de carga del medio natural para soportar esa contaminación. Aunque el enfoque que estamos siguiendo en este texto es esencialmente macroeconómico, en este caso concreto vamos a recurrir a argumentos microeconómicos para tratar de dar respuesta a dos cuestiones. En primer lugar, cuál es la senda de explotación óptima de recursos naturales y en segundo lugar, cuál es el nivel óptimo de contaminación y cómo se puede alcanzar ese nivel óptimo.

De esta manera, mediante la teoría microeconómica estaremos dando respuesta a las dos reglas de sostenibilidad anteriormente comentadas, aunque el planteamiento macroeconómico sigue siendo necesario ya que lo que aquí planteamos es, en esencia, una cuestión de asignación óptima de recursos, mientras que la macroeconomía ambiental es la que nos permite analizar de una forma agregada la relación entre la actividad macroeconómica y el medio natural que la sustenta. Igualmente, algunos de los argumentos que vamos a exponer en este capítulo permiten extraer conclusiones de política microeconómica, pero la actuación de

las políticas macroeconómicas con restricciones de sostenibilidad debe estudiarse desde una óptica macroeconómica.

El plan a seguir en el presente capítulo es el siguiente. En primer lugar se abordan los fundamentos básicos de la economía de los recursos naturales, analizando las reglas más elementales de gestión de recursos renovables y no renovables desde la perspectiva de la sostenibilidad. Posteriormente, partiendo del esquema básico de funcionamiento del mercado, se plantea la teoría de la contaminación óptima como caso específico de la teoría de las externalidades (en este caso externalidades negativas). Para finalizar se estudian las principales alternativas teóricas para la solución de los problemas derivados de la presencia de efectos externos en los mercados, circunscribiendo dichas alternativas al tema específico de la contaminación. Se analiza así la denominada solución pigouviana, que deriva en el establecimiento de impuestos ambientales, y la solución negociada (o solución de mercado) que procede del análisis económico del problema del coste social desarrollado por el premio Nobel de Economía Ronald H. Coase.

## 4.2. Economía de los recursos naturales

En un modelo de economía circular los recursos naturales son *inputs* del proceso productivo. Esta es la función tradicional del medio natural en el sistema económico, recogida por la teoría económica convencional. A menudo los recursos naturales han sido considerados como integrantes del concepto de capital en las funciones de producción agregada. Sin embargo, el análisis de las reglas de sostenibilidad exige ir más allá y estudiar más a fondo el papel económico de los mismos. De ello se ocupa la denominada economía de los recursos naturales, cuyos fundamentos básicos se explican en este epígrafe.

Existen dos tipos de recursos naturales, que exigen un análisis económico claramente diferenciado, aunque en el comentario sobre reglas de sostenibilidad del capítulo anterior se haya establecido como simplificación la existencia de un tipo único de recursos. Esos dos tipos son los recursos no renovables y los recursos renovables. Los recursos no renovables son aquellos que existen en la naturaleza en cantidades fijas durante un período de tiempo prolongado sin posibilidades de reproducción significativa de los mismos, aunque existe la posibilidad de que varíe el *stock* de recursos no renovables cuando se descubren nuevos yacimientos. Los ejemplos más conocidos de recursos no renovables son el petróleo, el carbón, el gas natural y los recursos mineros.

Los recursos renovables son aquellos con capacidad de regeneración a lo largo del tiempo y que, por lo tanto, pueden experimentar variaciones significativas en su nivel de existencias. Los ejemplos más conocidos de recursos renovables son los bosques y los recursos pesqueros. Un grupo específico de recursos renovables es el de aquellos recursos ilimitados, ya que tienen una procedencia exógena, como sucede con el sol, el viento y las mareas, que se utilizan como fuentes de energía alternativas a las derivadas de recursos no renovables. No analizaremos este último

grupo, pero sí haremos referencia al mismo a la hora de plantear la posible sustituibilidad entre recursos de ambos tipos.

Tanto en el caso de los recursos no renovables como en el de los renovables (no exógenos) la cuestión básica de la que se ocupa el análisis económico reside en la optimización de sus procesos de explotación. Dado que la gestión óptima de recursos difiere según se trate de un tipo u otro, comenzamos por el análisis económico de los recursos no renovables, para posteriormente abordar la teoría económica de los recursos renovables.

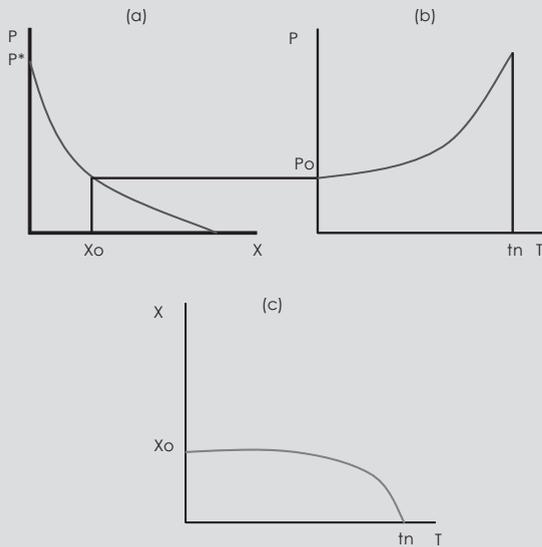
El problema básico de los recursos no renovables consiste en que su extracción implica necesariamente una tendencia al agotamiento de los mismos. El análisis económico pretende establecer las pautas de gestión del tiempo de agotamiento mediante un ritmo óptimo de explotación. Ese ritmo está condicionado fundamentalmente por la relación entre el precio y la cantidad del recurso. Adicionalmente es preciso considerar otros factores que pueden incidir en la senda de explotación óptima como son la búsqueda de sustitutivos o la existencia de nuevas tecnologías de producción que conviertan al recurso en menos necesario para el sistema económico.

La teoría económica de los recursos no renovables tiene su origen en los planteamientos de Hotelling (1931), aunque existe algún precedente a este autor. Hotelling presenta el problema del agotamiento de recursos mediante un razonamiento que parte del hecho de que los recursos baratos conducen a su sobreexplotación y, en consecuencia, a un agotamiento rápido de los mismos. Se trata de un problema que es preciso abordar tratando de establecer ritmos óptimos de explotación y posibilidades de regulación o intervención pública.

De las aportaciones de Hotelling y otros autores posteriores, se puede deducir un modelo general simplificado de determinación de la senda óptima de extracción de recursos no renovables, de acuerdo con las siguientes ideas. En primer lugar, la relación entre el precio y la cantidad del recurso se comporta de acuerdo con una curva de demanda tradicional, lo que significa que cuanto mayor sea la escasez del recurso mayor será su precio. En segundo lugar, la escasez del recurso será mayor cuanto más se avance en el tiempo, ya que la explotación sin renovación de existencias conduce a esa senda. Finalmente, la relación entre precio, cantidad y tiempo determina una senda óptima de extracción del recurso como la que se representa en la Figura 4.1. Esta senda se fundamenta en el concepto de renta de escasez asociada al coste de oportunidad característico de la explotación de estos recursos, dada su naturaleza no renovable.

La figura está integrada por tres gráficos diferenciados. En el primero de ellos puede verse la curva de demanda que muestra la relación inversa entre precio y cantidad del recurso. El valor de  $p^*$  se conoce como precio de estrangulamiento (*chocke price*). Su cuantía se corresponde con el menor precio entre los productos o recursos que se pueden utilizar como sustitutivos al recurso no renovable. Bajo una gestión óptima, cuando se alcance el precio de estrangulamiento en el mercado del recurso no renovable, la cantidad extraída y comercializada debería agotar el *stock*

Figura 4.1. Senda de explotación óptima de recursos no renovables.



Fuente: Elaboración propia.

del mismo. El nivel de existencias del recurso  $X_0$  es el correspondiente al momento actual  $t_0$  y el precio  $P_0$  el precio del recurso en el momento actual.

La relación entre precio y evolución temporal puede verse en el segundo gráfico de la figura. La pendiente de esta curva está determinada por la tasa de descuento de referencia según establece la conocida como Regla de Hotelling. A medida que se avanza desde  $t_0$  hasta  $t_n$  (período de agotamiento del recurso) el *stock* del recurso ( $X$ ) se va reduciendo y su precio aumentando conforme al comportamiento representado por la curva de demanda. En la tercera figura se representa la senda óptima de explotación, derivada de las relaciones entre precio, cantidad y tiempo de los dos gráficos anteriores, y que se corresponde con una solución eficiente en el sentido de Pareto.

Este modelo tan simplificado puede variarse introduciendo consideraciones relativas, a los costes de explotación, al régimen de competencia de los mercados de comercialización, al descubrimiento de nuevos yacimientos, a la aparición de nuevas tecnologías que minoren la necesidad del recurso o la posibilidad de reciclado de recursos no renovables que se incorporarían (probablemente en otras condiciones) al *stock* disponible para los procesos productivos. El interés que tiene el modelo, desde la perspectiva general de sostenibilidad adoptada en este texto,

reside en que facilita una solución de asignación eficiente de recursos no renovables a largo plazo. Para una revisión de la literatura económica que trata sobre estos modelos puede verse el trabajo de Slade y Thille (2009).

Los recursos renovables son aquellos que se reproducen en períodos temporales más o menos cortos. Esta característica hace que su análisis económico difiera significativamente del que se acaba de presentar para el caso de los recursos no renovables. La cuestión básica reside en este caso en determinar una senda teórica de explotación que evite el problema del agotamiento de recursos, problema en el que se incurre cuando la tasa de explotación sobrepasa un límite técnico determinado.

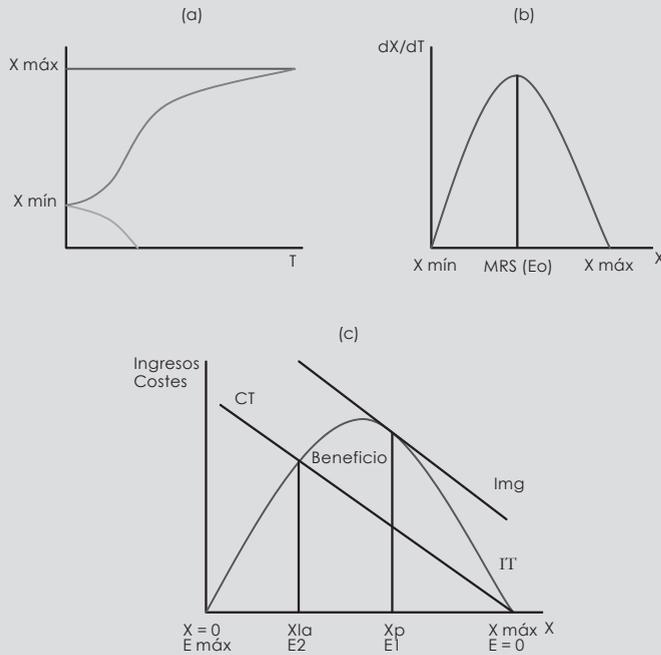
La teoría económica de los recursos renovables se centra en el análisis de recursos concretos, como puede ser el análisis forestal planteado por Faustmann (1968) [1849] o el más reciente sobre los recursos pesqueros de Clark (1990). En general, el análisis económico de recursos renovables recurre, en mayor medida que el anterior, a disciplinas científicas distintas de la economía, destacando especialmente el caso de la biología. De hecho, el estudio del comportamiento de las poblaciones es un elemento básico de este enfoque, hasta el punto de que en ocasiones se hace más referencia al término bioeconomía que al de teoría económica de los recursos renovables. La bioeconomía pone su acento más en el estudio de las funciones de reproducción que en el análisis del mercado, aunque la economía de los recursos renovables en realidad es un ámbito de estudio más amplio que la bioeconomía.

Al igual que en el caso anterior, planteamos un modelo muy sencillo para explicar los fundamentos del análisis económico de recursos renovables. En aras de la simplicidad del análisis nos basamos en un modelo estático, aunque los modelos más avanzados sobre la explotación de este tipo de recursos son de carácter dinámico (consideramos que su estudio supera el objetivo de este capítulo del texto). La Figura 4.2 ilustra los razonamientos básicos que se explican a continuación, mediante tres gráficos relacionados entre sí (Riera *et al.*, 2005).

A continuación diferenciamos el ámbito puramente biológico de aquel de tipo económico en el que interviene el ser humano explotando el recurso con la finalidad de obtener una rentabilidad económica. El comportamiento del *stock* de un recurso renovable se representa de acuerdo con una función logística como la reflejada en el gráfico (a) de la figura. Esa función determina un nivel mínimo por debajo del cual la población de ese recurso se dirige hacia su extinción. A partir de ese nivel mínimo la evolución natural determina un nivel máximo de existencias propio de las características del ecosistema, por ejemplo como consecuencia de la disponibilidad de alimento. En el gráfico (b), derivado del anterior, se muestran las tasas de variación (regeneración) del recurso por unidad de tiempo en función de la cantidad de recurso. El punto máximo de la curva representada en este gráfico se identifica con el máximo rendimiento sostenible del recurso (MRS).

La interacción entre el ámbito biológico y el económico requiere la introducción de una serie de conceptos y variables adicionales. La cantidad de recurso renovable extraído respecto al *stock* disponible del mismo la denominamos por la

Figura 4.2. Explotación óptima de recursos renovables (modelo estático).



Fuente: Elaboración propia a partir de Riera *et al.* (2005).

letra  $E$ , representativa del esfuerzo productivo. La idea principal que subyace en este modelo estático es la necesidad de alcanzar puntos de explotación sostenible, lo que supone que las cantidades extraídas se igualen con la tasa de regeneración.

En el nivel de esfuerzo productivo inciden los costes totales y los ingresos totales dado que su comparación determina la rentabilidad económica. En el gráfico (c), partiendo del supuesto de coste marginal constante, la recta  $CT$  muestra la evolución del coste total a medida que aumenta el esfuerzo productivo de explotación. La pendiente de  $CT$  representa el coste marginal de ese esfuerzo productivo. Los ingresos totales están determinados por la curva  $IT$  cuya forma está directamente relacionada con la curva del gráfico (b) ya que dependen del *stock* de existencias del recurso y de su regeneración, bajo el criterio de explotación sostenible anteriormente señalado. En este sentido el nivel de esfuerzo ( $E_0$ ) se corresponde con el máximo rendimiento sostenible.

Para analizar los comportamientos de explotación óptima resulta necesario abordar la cuestión del tipo de propiedad del recurso, distinguiendo dos situaciones generales al respecto: derechos de propiedad definidos y asignados a un agente

económico (por ejemplo un único propietario,  $Xp$ ) o, como situación opuesta, libre acceso al recurso sin asignación a priori de la propiedad ( $Xla$ ).

En el primer caso, el comportamiento maximizador del beneficio conduciría a un nivel de esfuerzo  $E1$ . Dado que el ingreso marginal  $Img$  es la pendiente en cada punto del  $IT$ , el punto de maximización es aquel en el que coincide con el coste marginal dado por la pendiente de la recta  $CT$ . Como se puede observar el nivel de esfuerzo de equilibrio es menor que el correspondiente al máximo rendimiento sostenible, preservándose por el interés del agente propietario una importante cantidad de existencias y sólo se alcanzaría ese punto máximo cuando los costes de extracción en función del esfuerzo fuesen nulos.

La situación de libre acceso conduciría a un punto de equilibrio representado por  $E2$ . Este nivel de esfuerzo implica que el  $CT$  iguala al  $IT$ . La no definición de derechos de propiedad supone que el recurso será explotado mientras exista alguna posibilidad de obtener un beneficio extraordinario por parte de cualquier agente. En ese punto se supera el esfuerzo correspondiente al máximo rendimiento sostenible. Esto no implica la extinción del recurso, lo único que señala es que el volumen de existencias de recursos va a ser menor respecto a la situación de propiedad definida. De hecho, un recurso en libre acceso según esta modelización sólo se agotaría si el esfuerzo no tuviese costes asociados, o si se incumpliera sistemáticamente el principio de explotación sostenible con ritmos de extracción siempre superiores a las tasas de regeneración natural.

Al igual que sucedía con la gestión de recursos no renovables este modelo de partida se puede enriquecer incorporando elementos como la presencia de externalidades tanto positivas como negativas asociadas a la explotación, alteraciones del ecosistema u opciones de gestión reguladas (por ejemplo, límites de capturas en pesca), entre otras cuestiones.

A lo largo de este epígrafe se han analizado por separado los casos de los recursos no renovables y renovables, con especial atención a los procesos de gestión óptima de los mismos desde el punto de vista de la teoría económica. Una última cuestión a comentar se refiere a aquellos casos en los que la gestión de ambos tipos de recursos se puede plantear de forma conjunta. Esto ocurre, fundamentalmente, en los procesos de generación de energía en los que es posible realizar una sustitución paulatina de recursos no renovables (carbón y derivados del petróleo) por recursos renovables (energía eólica, hidráulica, maremotriz o solar).

Esos recursos renovables son de carácter exógeno, de forma que la modelización del proceso de sustitución debe centrarse en el impacto de las fuentes de energía renovable cuasi-ilimitadas sobre la gestión de recursos no renovables, tal y como señala Ayres (1998) para el establecimiento de un sistema energético y económico sostenible. Se trata, en definitiva, de ver cómo se modifica la senda de explotación óptima en términos de precios, cantidades y tiempo. Dado que el propósito de este texto es meramente introductorio, consideramos que no es imprescindible analizar este caso particular de forma pormenorizada.

### 4.3. La teoría económica del óptimo de contaminación

La segunda función básica del medio natural en una economía circular es la de sumidero de residuos no reciclables. En este sentido, la regla básica de sostenibilidad consiste en que la contaminación generada no supere la capacidad de carga o de absorción del medio ambiente. La teoría económica del óptimo de contaminación aporta una primera aproximación a la concepción de ese proceso a partir del concepto de externalidad negativa. De esa teoría del óptimo de contaminación se derivan propuestas concretas para solucionar los problemas de exceso de emisiones contaminantes.

La contaminación ambiental puede considerarse, desde la perspectiva del análisis económico, como un coste externo o externalidad negativa. Debemos detenernos, por tanto, en primera instancia, en la explicación de esa identificación de la contaminación como caso paradigmático de efecto externo en el ámbito de la teoría económica y de la economía pública para, con posterioridad, obtener sus principales derivaciones de política económica.

El análisis económico de la contaminación ambiental depende básicamente de dos efectos. El primero es el efecto físico derivado de la aparición de residuos o sustancias contaminantes en el medio ambiente. El segundo es el efecto derivado de la reacción humana frente al efecto físico (Pearce y Turner, 1995 [1990]). El efecto físico es de tipo biológico o químico, con consecuencias en términos de salud para los seres humanos y de modificación del hábitat de los ecosistemas. La reacción humana muestra rechazo y preocupación ante los efectos físicos comentados. Esta reacción puede plantearse como una pérdida de bienestar o utilidad para los individuos, que en ocasiones se deriva de una pérdida directa de ingresos o un aumento de costes. La disminución de los niveles de bienestar o utilidad se debe a que la contaminación está generando un coste externo para aquellos individuos que no son responsables de los procesos que causan tal contaminación (o para el conjunto de la sociedad).

Para ilustrar el concepto de coste externo podemos recurrir, como punto de partida, a un sencillo ejemplo. Pensemos en el caso de una planta industrial que está instalada en el cauce de un río con importantes aprovechamientos en materia de pesca fluvial (por ejemplo, por una instalación acuícola que utiliza el agua o por pescadores individuales). Supongamos que dicha industria genera una serie de vertidos contaminantes sobre el río provocando una falta de oxígeno en el agua que produce una alta tasa de mortalidad en los recursos pesqueros. Las empresas o los individuos que se dedican a la pesca fluvial en ese río tendrían pérdidas de ingresos y pérdidas de bienestar como consecuencia de la contaminación.

En este ejemplo estamos suponiendo que no existe ningún tipo de actividad ilegal por parte de la empresa contaminante, que cumple con la normativa ambiental correspondiente. Suponemos, además, que no existe ningún tipo de mecanismo

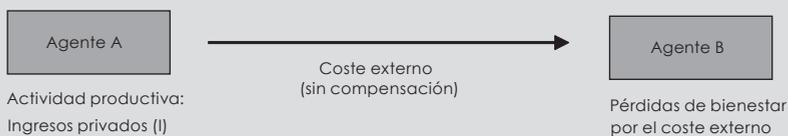
de compensación por las pérdidas de utilidad. La actividad de la empresa contaminante de este ejemplo se dice que genera un coste externo, una externalidad negativa o una deseconomía externa. Es posible también plantear ejemplos en los que la actividad de un agente económico beneficia a otros, sin recibir compensación a cambio por ese beneficio. En este caso se habla de beneficio externo, externalidad positiva o economía externa. Aquí nos interesa el caso de la contaminación, que se contempla como una deseconomía externa.

Del ejemplo anterior se deduce que para que se dé una situación de coste externo es necesario que se verifiquen dos condiciones: a) que la actividad que desarrolla un agente económico cause un perjuicio a otro o a otros (puede ser incluso a la sociedad en general) y b) que ese perjuicio, que constituye una pérdida de bienestar o de utilidad, no esté compensado mediante ningún mecanismo. Si existiese tal mecanismo de compensación de los perjudicados estaríamos hablando de internalización del coste externo. Todas estas cuestiones pueden verse en la Figura 4.3, donde el agente A es el causante del coste externo y el agente B el que tiene pérdidas de bienestar como consecuencia de la actividad desarrollada por A. El agente contaminante A obtiene un beneficio de su actividad productiva que se calcula como la diferencia entre ingresos privados y costes privados, sin considerar en ningún momento para el cálculo de su nivel de beneficio el coste externo que genera.

A primera vista podría parecer que, en ausencia de compensación, el procedimiento lógico para eliminar el coste externo es, simplemente, eliminar la fuente de contaminación. Sin embargo, las implicaciones del concepto de externalidad van, lógicamente, mucho más allá de una solución tan simple que es, además, claramente ineficiente desde el punto de vista económico.

La actividad industrial contaminante produce un bien para el mercado que es demandado por la sociedad y, en consecuencia, generador de utilidad, por lo que no es eficiente una solución basada en la eliminación de la fuente de contaminación. Podemos pensar en el caso, por ejemplo, de que esa planta contaminante se dedique a producir un tipo de medicamento necesario para prevenir o paliar una determinada enfermedad para ver con claridad que en ocasiones es preciso

Figura 4.3. Caso general de externalidad negativa.



Fuente: Elaboración propia.

aceptar ciertos niveles de contaminación. De hecho, existe, al menos desde un punto de vista teórico, un nivel óptimo de contaminación para el que se maximiza el bienestar conjunto de la sociedad.

El razonamiento básico que hay detrás de la existencia de un nivel de contaminación óptimo distinto de cero, que impide considerar como eficiente la solución de eliminar la contaminación, procede del hecho de que tanto el contaminador como el afectado tienen los mismos derechos. Pensemos que la eliminación de la contaminación genera efectos externos sobre el agente contaminador que no puede llevar a cabo sus actividades productivas, que se supone que generan un producto que se demanda en el mercado y produce utilidades a los consumidores, además de ser una fuente de creación de puestos de trabajo. Es decir, desde el punto de vista de la búsqueda de un óptimo en el sentido económico o de la búsqueda de la eficiencia económica no es aceptable considerar que las pérdidas o ganancias de una de las partes tienen una mayor consideración que las de la otra.

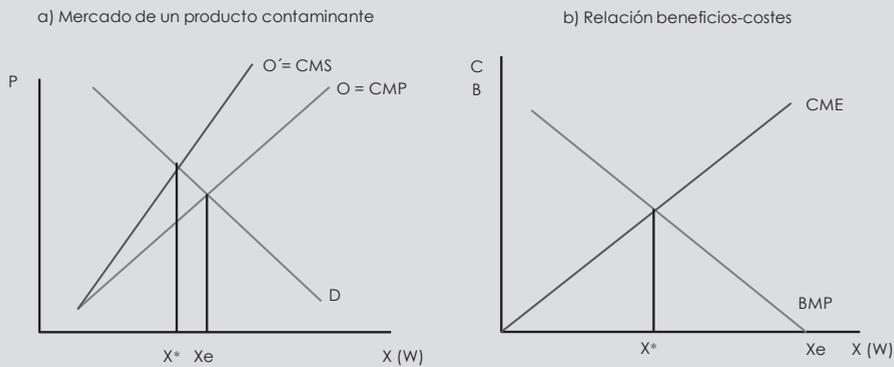
La teoría del óptimo de contaminación se ilustra mediante los gráficos de la Figura 4.4. Dicha figura se divide en dos partes en las que se desarrolla el mismo proceso de razonamiento teórico. En la parte (a) se representa el mercado de un producto con un proceso de producción contaminante, donde  $X$  es el nivel de *output*, que está linealmente correlacionado con el nivel de contaminación que genera ( $W$ ). Es decir, consideramos que  $W = f(X)$ , siendo la relación entre ambas variables lineal y positiva ( $dW/dX > 0$ ). La parte (b) de la figura representa los beneficios privados y el coste externo generados por la actividad contaminante.

El nivel de *output* que representa el óptimo privado de la empresa contaminante en un entorno de competencia perfecta es  $X_e$ , que representa el equilibrio del mercado considerando la curva de oferta como la curva de coste marginal privado ( $O = CMP$ ) y, a su vez, es el nivel de producción en el que el beneficio marginal privado neto (BMP) se hace nulo. La recta representativa del BMP es decreciente a medida que aumenta el nivel de actividad económica.

Si ahora introducimos el coste marginal externo (CME) generado por la actividad contaminante, bajo el supuesto de que dicho CME es creciente a medida que aumenta el nivel de contaminación, obtenemos un nuevo punto óptimo que, en este caso es el óptimo social, frente al óptimo privado comentado anteriormente. En la figura representativa del mercado se produce un desplazamiento no paralelo hacia arriba de la curva de oferta, que ahora es la suma de CMP y CME, es decir, la nueva oferta se deriva del coste marginal social ( $O = CMS$ ). En la figura que relaciona costes y beneficios se introduce el CME creciente con el nivel de actividad ( $X$ ) y, por ende, con el nivel de contaminación ( $W$ ).

El nivel óptimo de contaminación o, generalizando, el nivel óptimo de externalidad negativa, será el resultante del equilibrio de mercado con costes sociales o de la igualdad entre BMP y CME. Este óptimo social es el nivel de actividad

Figura 4.4. Teoría del nivel óptimo de contaminación.



Fuente: Elaboración propia.

en el que se maximiza la suma de los beneficios menos la suma de los costes. De esa forma se alcanza un nivel de contaminación correspondiente a un output socialmente óptimo, identificable con el punto  $X^*$  de la Figura 4.4 en cualquiera de sus dos versiones.

En ese punto  $X^*$  se cumple la condición de óptimo de Pareto en presencia de costes externos, en el sentido de que se igualan el precio y el coste marginal social. Tal condición óptimo paretiana se deriva del siguiente razonamiento, asumiendo como mercado de referencia el de competencia perfecta:

El BMP se calcula de la siguiente forma:

$$\text{BMP} = P - \text{CMP}$$

expresión en la que BMP es el beneficio marginal privado neto,  $P$  representa al precio privado de mercado y CMP al coste marginal privado de la empresa contaminante. Entonces, a partir de la situación de equilibrio de la Figura 4.4b, se obtiene que:

$$\text{BMP} = \text{CME}$$

o lo que es lo mismo,

$$P - \text{CMP} = \text{CME}$$

de donde, reordenando términos, se deduce que:

$$P = \text{CMP} + \text{CME}$$

Como la suma de coste marginal privado y coste marginal externo la hemos definido como coste marginal social, entonces se verifica que:

$$P = CMS$$

que es precisamente la condición de óptimo paretiano en presencia de deseconomías externas.

Este planteamiento nos sirve para explicar por qué no es una alternativa plausible la contaminación cero. De acuerdo con lo que hemos visto, la desaparición de la contaminación sólo se puede lograr eliminando totalmente la producción del bien contaminante. Realmente resulta difícil pensar hoy en día en muchos productos que no impliquen algún tipo de contaminación o de producción de residuos, de forma que la conclusión que obtenemos es claramente poco operativa, ya que para lograr un nivel de contaminación cero habría que alcanzar prácticamente una situación de actividad económica cero.

Ahora bien, eso no quiere decir que el nivel óptimo de contaminación obtenido a partir del procedimiento anterior no pueda ser modificable. El hecho de que no se contemple la posibilidad de contaminación cero no significa que no se puedan plantear distintas posibilidades de reducción del nivel óptimo de contaminación. Esto se podría lograr, por ejemplo, mediante la instalación de tecnologías reductoras de emisiones que permitan que ese óptimo social se acerque al nivel mínimo posible de contaminación, alterando así la relación entre  $X$  y  $W$  establecida para poder desarrollar la teoría básica del óptimo de contaminación.

En realidad esa teoría nos sirve esencialmente para clarificar el hecho de que no es viable la solución extrema de contaminación cero, pero desde la perspectiva del análisis económico y de la política económica, representa sólo un punto de partida. De lo que se trata, a continuación, es de determinar cómo se pueden establecer mecanismos que hagan que la empresa contaminante pase de producir su óptimo privado  $X_e$  a producir el óptimo social  $X^*$ .

Se trata, entonces, de plantear las posibles soluciones al problema de las externalidades negativas y, más concretamente, las alternativas existentes para que el nivel de contaminación alcance el óptimo social. La reducción de los niveles de externalidad negativa hasta su punto óptimo implica una mejora de bienestar en el sentido de Pareto para el conjunto de la sociedad y provoca una ganancia neta desde el punto de vista social en relación con la situación que hemos identificado como óptimo privado.

#### 4.4. Impuestos pigouvianos y negociaciones de Coase

La existencia de un coste externo como el que acabamos de identificar con los procesos de contaminación es un caso concreto de fallo de mercado, en el que el funcionamiento de la oferta y la demanda privadas no permite alcanzar un

óptimo social. Para alcanzar ese óptimo desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto es preciso que se incluya en el análisis el coste externo, formando así junto al coste privado el denominado coste social. De esa manera se procede a la internalización del coste externo, condición necesaria para poder alcanzar el óptimo social.

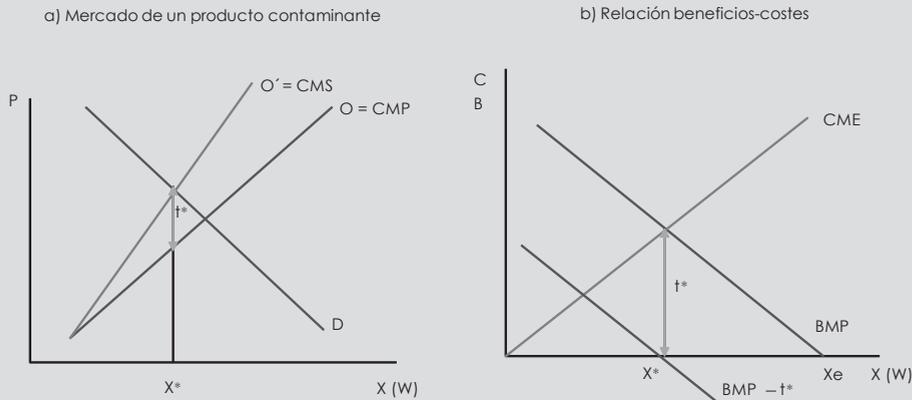
Para llegar a esa situación la literatura económica plantea dos posibilidades diferenciadas. La primera de ellas consiste en la intervención pública mediante mecanismos regulatorios o instrumentos económicos (básicamente impuestos y subvenciones) y procede del planteamiento original de Pigou (1920). La segunda alternativa consiste en el establecimiento de procedimientos de negociación entre las partes afectadas, dentro del mecanismo de mercado, sobre la base de un sistema de derechos de propiedad bien definido. Esta segunda posibilidad permite obtener soluciones de mercado para el problema de las externalidades y se debe al planteamiento original de Coase (1960). A continuación se examinan brevemente estas dos grandes alternativas para la solución de los problemas derivados de la existencia de efectos externos.

El planteamiento de Pigou o solución pigouviana se basa en la intervención pública. Es un enfoque tradicional de la teoría de la economía pública, ya que sugiere que debe ser el Estado el encargado de corregir los fallos del mercado. De la solución pigouviana al problema de las externalidades, que puede analizarse de una forma ciertamente muy amplia, nos quedamos con el caso concreto del establecimiento de impuestos y lo aplicamos al ejemplo específico que aquí nos interesa, el caso de la contaminación como deseconomía externa. Este tipo de impuestos son los denominados impuestos pigouvianos, de los que se deriva la imposición ambiental, principal mecanismo de intervención fiscal dentro de los instrumentos económicos de política ambiental.

Más en concreto, nos planteamos cómo funcionan los impuestos pigouvianos en un contexto de costes externos ambientales y en qué consiste el denominado impuesto pigouviano óptimo. Para ello utilizamos como referencia la Figura 4.5, en la que siguiendo el esquema de la teoría de la contaminación óptima se establece gráficamente el tipo impositivo de un impuesto pigouviano óptimo ( $t^*$ ).

En la Figura 4.5a se representa el funcionamiento de un mercado de un producto con procesos de producción contaminantes de acuerdo con las premisas del epígrafe anterior. Se puede observar ya la situación de óptimo social en la que la producción que maximiza el bienestar de la sociedad es  $X^*$ . Para alcanzar dicho nivel de producción una posible alternativa consiste en establecer un impuesto a la empresa contaminante que aumente su coste privado en una cantidad equivalente al coste social, provocando así que el coste que considera la empresa en su proceso de maximización de beneficios sea el coste marginal social y no el coste marginal privado. De esta forma se estará forzando a la empresa a internalizar el coste externo que genera.

Figura 4.5. Impuesto pigouviano óptimo.



Fuente: Elaboración propia.

Dado que hemos considerado que el coste marginal externo aumenta a medida que crece el nivel de emisiones contaminantes, habrá que definir un impuesto óptimo en un punto concreto de actividad productiva. Ese punto debe ser, tal y como se ha demostrado con anterioridad, el punto  $X^*$ , que corresponde al nivel óptimo de contaminación. El tipo impositivo del impuesto pigouviano óptimo debe ser  $t^*$ , que será aquel que aplicado sobre el nivel de actividad  $X^*$  genera una cuota tributaria equivalente al coste marginal externo en el óptimo de contaminación.

La segunda parte de la Figura 4.5 permite ver con mayor claridad el efecto de un impuesto pigouviano óptimo sobre la relación de costes y beneficios de la empresa contaminante. Cuando a la empresa se le impone ese tributo, sus beneficios se reducirán en esa cantidad, de forma que la nueva recta de beneficio marginal privado con impuesto será la que corta al eje del *output* en el valor  $X^*$ , donde el valor de  $BMP - t^*$  se hace nulo, y se convierte en el punto de producción óptimo de la empresa en un contexto de costes externos internalizados mediante un impuesto pigouviano.

La figura teórica del impuesto pigouviano es asimilable a los impuestos ambientales, impuestos ecológicos o gravámenes por contaminación que se están utilizando en muchos países. Lógicamente, existen varias tipologías de impuestos ambientales, sin que todas ellas respondan exactamente al diseño teórico que se acaba de plantear, pero en esencia los objetivos y el funcionamiento de los tributos ambientales quedan sintetizados mediante la solución pigouviana al problema de las externalidades.

El planteamiento pigouviano cuyos fundamentos se acaban de analizar parte de la presunción de que necesariamente el contaminador debe pagar e internalizar el coste externo que genera. Este argumento es coherente con un principio de aplicación más o menos generalizado en los países de la OCDE denominado principio contaminador-pagador (quien contamina, paga). Pero desde una perspectiva teórica no considera que los efectos externos son en realidad un problema de naturaleza recíproca, tal y como demostró Coase (1960), dando lugar a lo que Stigler (1966) denominó teorema de Coase.

Coase (1960) analizó el problema del coste social desde la perspectiva de la nueva economía institucional y sentó las bases para la solución de mercado al problema de los efectos externos. Más en concreto, podemos hablar de solución negociada a este problema o de internalización de costes externos mediante negociaciones coasianas. Con este planteamiento, el nivel óptimo de externalidad (en nuestro ejemplo, la contaminación óptima) se puede lograr por medio de negociaciones entre las partes implicadas, argumento que se ha utilizado erróneamente como justificación para la no intervención ante este tipo de problemas.

El análisis de Coase se basa en los supuestos de competencia perfecta y de ausencia de costes de transacción (es decir, no considera inicialmente la existencia de costes de información, de negociación, de elaboración de contratos, de control de su cumplimiento, etc.). A partir de ahí critica la tradición pigouviana, en terminología del propio Coase, demostrando que bajo los mismos supuestos se puede plantear un procedimiento diferente para solucionar el problema, consistente en la negociación entre las partes afectadas.

Si regresamos a la Figura 4.3, en la que se planteaba un caso general de coste externo, puede verse que se trata en realidad de un problema de naturaleza recíproca. Aparentemente el agente *A* debe compensar a *B* por el coste externo que le genera, lo que supone que existe una responsabilidad por daños imputable a *A*. Sin embargo, dado que *A* no ejerce ninguna actividad ilegal, sino que produce para atender una demanda social (más aún si volvemos al ejemplo de la producción de medicamentos) entonces *A* tendría derecho a usar el recurso afectado y debería ser *B* quién compensara a *A* para que deje de contaminar (lo que implica dejar de producir una determinada cantidad de *output*). Este caso se puede ver con claridad si imaginamos que *A* es una empresa dedicada a producir fármacos anticancerígenos y *B* es un elitista club de yates que se ve perjudicado en sus actividades recreativas por la contaminación de las aguas.

La solución planteada por Coase a este problema de naturaleza recíproca se basa en la negociación entre las partes afectadas (en este caso *A* y *B*), dado que sea quién sea el que debe compensar a la otra parte es posible alcanzar el óptimo social que hemos denominado  $X^*$ . Para ello sólo se requiere una condición, que consiste en que estén establecidos claramente los derechos de propiedad, con independencia de a quién se adjudiquen.

Los derechos de propiedad son los derechos de uso de un determinado recurso. Si el derecho de propiedad está en poder de *A* la compensación corresponde a *B* y, al contrario, si es *B* quién tiene los derechos, entonces *A* debe compensar a *B*. El resultado final debe ser el mismo en ambos casos, aunque la redistribución del ingreso es, lógicamente, diferente. De hecho, Coase plantea incluso de qué manera se pueden establecer esos derechos de propiedad y por lo tanto el sentido de la redistribución, ya que la regla general consistiría en que la compensación la debe pagar el agente al que le resulta menos costoso en términos relativos.

Partiendo de estas bases, el teorema de Coase puede enunciarse de la siguiente forma: Cuando existe un sistema de derechos de propiedad bien definido, y en ausencia de costes de transacción, las negociaciones privadas entre las partes afectadas permite alcanzar una situación de óptimo social en presencia de efectos externos.

El mismo Coase reconoce la existencia de límites para la aplicación práctica de su planteamiento teórico. Su brillante deducción se basa en un contexto de competencia perfecta, con un sistema establecido de derechos de propiedad, clara identificación de las partes implicadas y ausencia de costes de transacción. La realidad suele ser bien distinta. Los mercados imperfectos plantean muchas dificultades para alcanzar óptimos paretianos, la definición de derechos de propiedad sobre recursos comunes no está establecida, en muchas ocasiones no es sencillo identificar a las partes afectadas (o resulta complicado localizar a los interlocutores de esas partes) y además todo proceso de negociación lleva implícitos costes de transacción. En muchas ocasiones estos costes de transacción pueden ser tan elevados que hacen que no sea rentable desarrollar los procesos negociadores.

Pero a pesar de todo esto, los fundamentos del teorema de Coase son muy relevantes desde diferentes perspectivas. En primer lugar, no sólo no es un argumento contra la no intervención, sino que centra parte de la solución en el establecimiento de un sistema y unos criterios de asignación de derechos de propiedad, que debe corresponder a los poderes públicos. En segundo lugar, establece un criterio para el poder judicial en las sentencias de los tribunales de justicia sobre la solución de externalidades, ya que al no estar establecidos los derechos de propiedad sobre recursos comunes una parte importante de los problemas sobre su uso acaba en los tribunales de justicia que, mediante sus sentencias, acaban estableciendo esos derechos de propiedad.

Finalmente, aunque de una forma indirecta, el planteamiento de la negociación coasiana es el fundamento teórico de la negociación de cuotas de contaminación en mercados organizados. Estos mercados limitan al máximo los problemas prácticos del desarrollo teórico de Coase, ya que funcionan con un elevado nivel competitivo, cuentan con derechos de negociación claramente asignados (los permisos de emisión), las partes están claramente identificadas y los costes de transacción son asumibles por los operadores, sobre todo cuando se realizan mediante cámaras de compensación.

# Capítulo 5

## Macroeconomía y sostenibilidad

### 5.1. Introducción

Uno de los más reconocidos teóricos de la economía ecológica, Herman Daly, planteó en 1991 la necesidad de avanzar hacia lo que él denominó macroeconomía ambiental (Daly, 1991). Desde comienzos de la década de 2000 la introducción de aspectos ambientales en la teoría macroeconómica parece que está encontrando una salida: el denominado modelo IS-LM-EE, que se puede convertir en el principal marco teórico de análisis macroeconómico con restricciones ambientales.

Las aportaciones científicas dedicadas a analizar la relación entre macroeconomía y medio ambiente son múltiples y muy destacadas. Se pueden citar como aportaciones relevantes en este ámbito las orientadas a medir la sostenibilidad ecológica de las actividades humanas, mediante la estimación de la huella ecológica y otros indicadores macro-ambientales, el estudio de la relación entre presión ambiental y desarrollo económico mediante la Curva de Kuznets de medio ambiente o los análisis específicos dedicados a estudiar la relación entre crecimiento económico y determinados tipos de contaminación. Todas estas cuestiones o han sido tratadas en capítulos anteriores de este texto o serán abordadas posteriormente, en los epígrafes dedicados a los indicadores de economía sostenible.

Desde el punto de vista de los modelos de teoría macroeconómica un paso adelante ha sido la introducción de la política medioambiental en los modelos teóricos de crecimiento económico, tanto de crecimiento exógeno como endógeno, destacando el caso del análisis de política ambiental en el modelo de Uzawa-Lucas planteado por Hettich (2000). Este análisis demuestra que, al igual que ocurre con la microeconomía, es factible incorporar consideraciones ambientales al análisis macroeconómico.

Sin embargo, hasta comienzos de la década de 2000 no se disponía de un modelo general de carácter macro-ambiental que permitiese analizar, desde una perspectiva agregada, el comportamiento de la economía en un entorno de restricciones ambientales. Dicho marco de análisis, como se ha comentado, es el modelo IS-LM-EE, planteado originariamente por Heyes (2000, sobre un documento previo de 1998), que trata de dar respuesta a esa necesidad de disponer de una macroeconomía ambiental en el sentido planteado por Daly.

La necesidad de un modelo macro puede sintetizarse en la idea planteada por el mismo Daly (1991), que compara la asignación óptima propia de la microeconomía con la distribución del peso en un barco con la finalidad de que no se hunda, mientras que la consideración de los problemas ambientales desde una perspectiva macroeconómica se refiere al peso total y al tamaño global de la economía en relación con los recursos disponibles. O lo que es lo mismo, cómo evitar que el peso total, aunque esté óptimamente distribuido, hunda el barco.

Como ya se ha indicado con anterioridad, la aportación formal de mayor relevancia teórica destinada a elaborar una macroeconomía ambiental procede del planteamiento original de Heyes (1998, 2000), continuado y perfeccionado posteriormente por Lawn (2003a y 2003b) y Sim (2006). Dicho planteamiento consiste en extender el modelo IS-LM introduciendo el equilibrio ambiental en el mismo mediante la recta EE (siglas en inglés de *Environmental Equilibrium*). De esa forma es posible desarrollar un modelo teórico de equilibrio macroeconómico con restricciones de sostenibilidad ambiental. Esto supone equilibrio simultáneo en el mercado de bienes y servicios, en el mercado monetario y equilibrio o neutralidad ambiental.

Además, un modelo de esas características permite evaluar las consecuencias de perturbaciones en variables macroeconómicas sobre el equilibrio y su nivel de sostenibilidad y las consecuencias derivadas de la implementación de políticas macroeconómicas sobre el nivel de renta y el equilibrio ambiental del sistema. Finalmente, el modelo permite incluso, sin que esto sea una cuestión menor, analizar el impacto macroeconómico de las políticas ambientales y las orientaciones necesarias para que la política económica permita avanzar hacia un crecimiento sostenible.

En este capítulo procedemos a desarrollar algunas de estas cuestiones, planteando los fundamentos básicos del modelo IS-LM-EE, tanto en una economía cerrada como en una economía abierta, y diversos efectos de variables macroeconómicas sobre el equilibrio del modelo. En este último caso nos centramos exclusivamente en un modelo de economía cerrada, ya que el estudio de la estática comparativa en un modelo de economía abierta con equilibrio ambiental supera los objetivos planteados en este libro. Las consecuencias de las políticas macroeconómicas y de la política ambiental sobre el equilibrio del modelo IS-LM-EE se plantean en el capítulo 7, dedicado específicamente a la política económica con restricciones de sostenibilidad.

## 5.2. El modelo básico de equilibrio macroeconómico

El modelo IS-LM sigue siendo hoy en día el esquema más utilizado para el análisis del equilibrio macroeconómico. Se trata de un modelo general simplificado, planteado de acuerdo con los principios del paradigma keynesiano y que permite realizar un análisis estático de las consecuencias sobre el equilibrio macroeconómico de diferentes factores, incluidas las políticas monetaria y fiscal. De igual manera que el tótem de la teoría microeconómica es el equilibrio de oferta y demanda en un mercado, el de la teoría macroeconómica sigue siendo el esquema IS-LM, tal y como señala Axel Leijonhufvud (1973) en un conocido artículo satírico sobre el mundo de la economía teórica.

En nuestro análisis adoptamos como referencia las versiones iniciales de dicho modelo, sintetizadas en Hansen (1986) [1953]. La introducción de supuestos más complejos como los planteados por Blanchard (1981) las tendremos en cuenta en epígrafes posteriores, al ser el modelo de referencia de Heyes, Lawn y Sim en su desarrollo del equilibrio con neutralidad ambiental. Aunque existen diferentes interpretaciones y opiniones acerca de la validez empírica del modelo IS-LM como marco de referencia para el análisis macroeconómico, como han mostrado, por ejemplo, Mankiw (1990), Galí (1992) y King (1993), lo cierto es que sigue siendo el instrumento analítico más utilizado para el estudio del equilibrio general macroeconómico y de las políticas macroeconómicas. En esencia consideramos que sigue siendo válida la justificación en este sentido planteada por Gregory Mankiw (1990).

Con la finalidad de exponer de forma sintética las características generales del modelo IS-LM en una economía cerrada, la notación a utilizar en este epígrafe será la siguiente:

- Y = renta real
- A = demanda agregada de bienes y servicios
- r = tipo de interés real a largo plazo
- I = inversión agregada
- C = consumo privado agregado
- S = ahorro agregado
- G = gasto público
- L = demanda de dinero
- M = oferta monetaria
- P = nivel general de precios

El modelo IS-LM se representa, en su versión estándar, y para una economía cerrada, tal y como se recoge en la Figura 5.1. En ella la recta *IS* representa los pares de valores de tipo de interés real a largo plazo y renta real en los que existe equilibrio

en el mercado de bienes y servicios, es decir, en los que la inversión es igual al ahorro ( $I = S$ ). La recta  $LM$  representa los pares de valores de  $r$  e  $Y$  en los que existe equilibrio en el mercado monetario, igualando demanda de dinero y oferta monetaria real ( $L=M/P$ ). Las deducciones analíticas de las rectas  $IS$  y  $LM$  y de sus respectivas pendientes pueden desarrollarse por varios procedimientos. Aquí optamos por seguir los planteamientos de Heyes (2000) y Sim (2006), al ser referencias obligadas en el resto de epígrafes del capítulo.

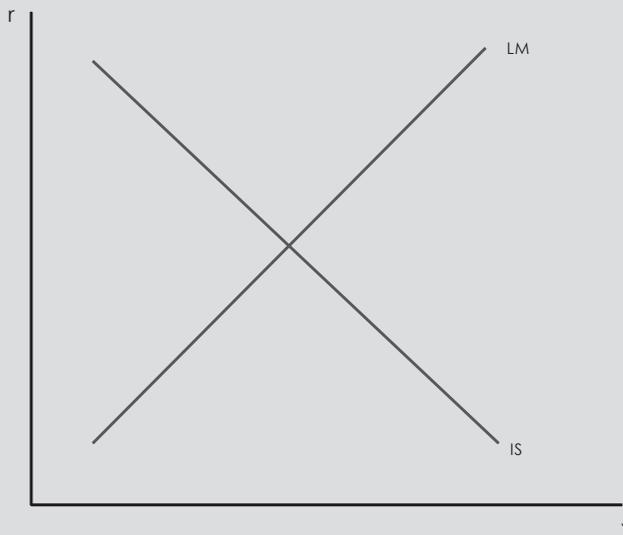
La curva  $IS$  representa los pares de valores de  $r$  e  $Y$  en los que existe equilibrio en el mercado de bienes. Si la demanda agregada la representamos mediante la expresión  $A(r,Y,G)$ , siendo  $G$  el gasto público, donde  $\partial A/\partial r < 0$ ;  $\partial A/\partial Y > 0$  y  $\partial A/\partial G > 0$ , el ajuste hacia el equilibrio del *output* ante modificaciones de  $A$  se puede representar de la siguiente forma (Heyes, 2000):

$$dY/dt = \Phi [ A(r, Y, G) - Y ] = \Phi (r, Y, G)$$

En esta expresión la función  $\Phi$  es decreciente con respecto a  $r$  e  $Y$  y creciente con respecto a  $G$ . El equilibrio en el mercado de bienes requiere que  $\Phi = 0$ , dado que se debe cumplir que  $Y = A$ . En estas circunstancias, la pendiente de la curva  $IS$  en el espacio  $\{r,Y\}$  es negativa, siendo su valor:

$$- \Phi_y / \Phi_r$$

Figura 5.1. Modelo básico IS-LM.



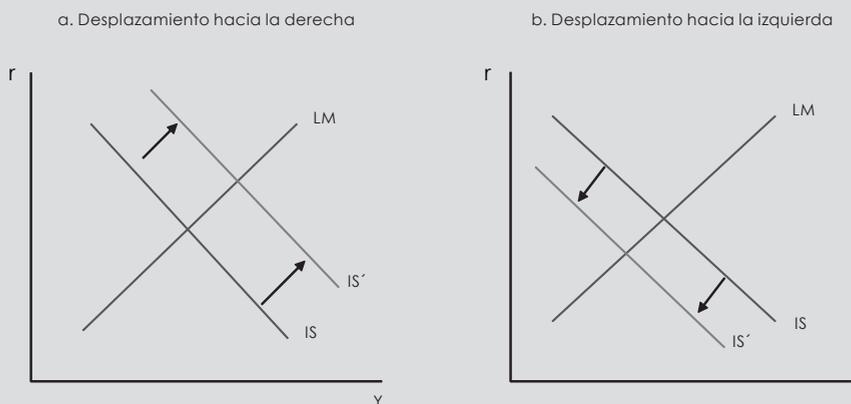
Fuente: Elaboración propia a partir del Modelo original de Hicks-Hansen.

La demanda agregada está compuesta en un modelo de economía cerrada por la suma de los gastos de consumo e inversión y el gasto público. Es decir,  $A = C + I + G$ , donde  $C$  ( $Y$ ). Las alteraciones en cualquiera de estas variables de gasto generan desplazamientos de la recta  $IS$ . Cualquier aumento de consumo e inversión provocan un desplazamiento hacia la derecha de la  $IS$ , originando, *ceteris paribus*, un aumento del nivel de renta real con mayor tipo de interés de equilibrio. Por el contrario, una disminución en cualquiera de los componentes del gasto privado provoca un desplazamiento hacia la izquierda de la recta  $IS$ , generando menor renta real y disminuciones en el tipo de interés de equilibrio.

Las modificaciones en la variable fiscal  $G$  originan desplazamientos de la recta  $IS$ , hacia la derecha en el caso de las expansiones fiscales y hacia la izquierda cuando se trata de restricciones de carácter fiscal. Igualmente, cualquier variación en los tipos impositivos, en la medida en la que afectan al consumo, se pueden representar por un desplazamiento de la  $IS$ . El aumento de tipos impositivos restringe el consumo y, en consecuencia, desplaza la  $IS$  hacia la izquierda, mientras que la reducción de impuestos la desplaza hacia la derecha, con las consecuencias sobre renta y tipos de interés expuestas previamente.

En la Figura 5.2. pueden verse, respectivamente, las consecuencias gráficas de un desplazamiento hacia la derecha y otro hacia la izquierda de la recta  $IS$ . El primer caso sería identificable, por ejemplo, con las consecuencias de un aumento del gasto público y el segundo, por ejemplo, con una restricción en el consumo privado.

Figura 5.2. Desplazamiento de la recta  $IS$ .



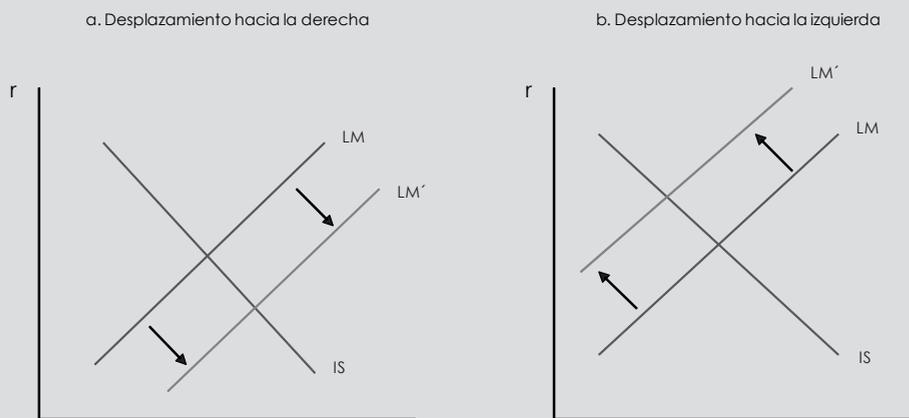
Fuente: Elaboración propia a partir del Modelo original de Hicks-Hansen.

El equilibrio en el mercado monetario precisa que se verifique la igualdad  $M/P = L(r, Y)$ , donde  $L_r < 0$  y  $L_y > 0$ , de forma que la pendiente de la  $LM$  es creciente en el espacio  $\{r, Y\}$  (seguimos la notación de Sim, 2006). Una expansión monetaria provoca un desplazamiento hacia la derecha de la recta  $LM$ , mientras que una restricción monetaria desplaza la  $LM$  hacia la izquierda. Una variación en los precios genera también desplazamientos de la  $LM$ . Un aumento del nivel general de precios reduce el valor de la oferta monetaria en términos reales, desplazando la  $LM$  hacia la izquierda, mientras que una reducción de precios provoca un desplazamiento hacia la derecha de la  $LM$ . Las consecuencias sobre el nivel de renta real y sobre los tipos de interés pueden verse en la Figura 5.3.

Cualquier alteración macroeconómica que genere un desplazamiento hacia la derecha de la  $LM$  provoca un aumento de la renta y una disminución del tipo de interés de equilibrio. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, como consecuencia de una política monetaria expansiva. Las alteraciones que restringen la oferta monetaria en términos reales, como sucede con un aumento del nivel general de precios, generan una tendencia al alza del tipo de interés real de equilibrio a largo plazo y una reducción de la renta real de equilibrio.

De acuerdo con este planteamiento analítico, las políticas macroeconómicas, es decir, la política fiscal y la política monetaria, inducen alteraciones en el equilibrio macroeconómico del modelo mediante el desplazamiento de las rectas  $IS$  y  $LM$ , respectivamente, al igual que ocurre cuando se producen variaciones en otras variables macroeconómicas como el consumo, la inversión, la demanda de dinero, las expectativas o la inflación.

Figura 5.3. Desplazamiento de la recta  $LM$ .



Fuente: Elaboración propia a partir del Modelo original de Hicks-Hansen.

De esta forma, el modelo IS-LM permite realizar un análisis de estática comparativa de los efectos sobre renta y tipos de interés de las políticas monetaria y fiscal y de las consecuencias derivadas de variaciones en otras variables macroeconómicas. Aunque el modelo básico puede presentar problemas en sus supuestos de partida, modificaciones en el mismo posteriores a sus primeros planteamientos, como la realizada por Blanchard (1981), no alteran sustancialmente sus posibilidades de utilización como esquema de análisis macroeconómico.

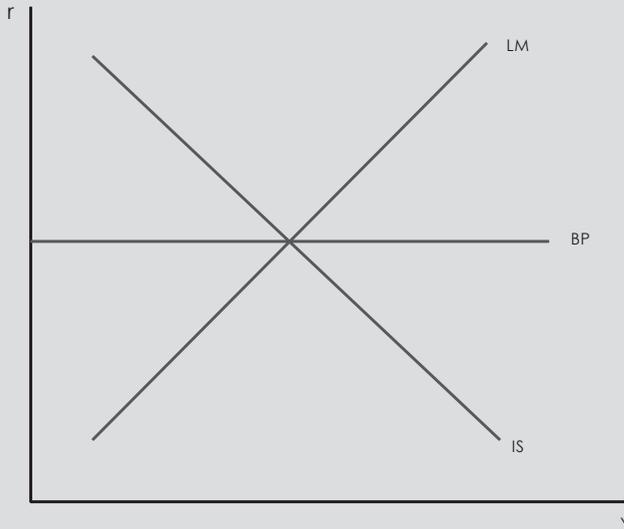
El estudio del equilibrio macroeconómico realizado hasta el momento en este epígrafe se refiere exclusivamente al caso de una economía cerrada. De hecho ese va a ser, en esencia, nuestro planteamiento para analizar los efectos de las restricciones de sostenibilidad en términos macroeconómicos. Sin embargo, para completar el análisis, es preciso introducir una cuestión adicional, que presenta además ciertos paralelismos analíticos con la introducción de la restricción ambiental en el modelo IS-LM. Se trata, del modelo IS-LM para una economía abierta, que consiste en la consideración de una recta adicional, la recta *BP*, representativa del equilibrio exterior o de la restricción exterior de la economía.

Esta restricción exterior para el esquema IS-LM se conoce generalmente como modelo de Mundell-Fleming, y está recogido originalmente en algunos trabajos de estos autores (Fleming, 1962; Mundell, 1968, 1972 [1963]). Se trata de una extensión formal del modelo keynesiano de equilibrio macroeconómico en el que es preciso adoptar como referencia una serie de supuestos de partida considerablemente restrictivos. Entre ellos destaca, especialmente, la movilidad total y perfecta de capitales a nivel internacional. Este supuesto implica que sólo hay un tipo de interés que equilibra la balanza de pagos.

En términos gráficos, el equilibrio de la balanza de pagos se puede representar por una línea completamente horizontal situada en el nivel de tipo de interés que equilibra las cuentas externas. Esa recta es la denominada recta *BP*. En realidad, dicha recta podría modificarse ligeramente en el caso de que se relaje el supuesto de movilidad completa y perfecta de capitales, siendo representada entonces como una línea con pendiente positiva pero muy plana (mucho más plana que la *LM*). Esta ligera pendiente positiva significaría que el aumento de los tipos de interés permite compensar el déficit exterior por el aumento de importaciones derivado de una mayor renta, mediante un saldo positivo de los movimientos internacionales de capital. Volviendo a la versión más simplificada de la recta *BP* (completamente plana), la Figura 5.4 representa el equilibrio del modelo IS-LM con restricciones de equilibrio exterior.

Es preciso señalar, para finalizar este epígrafe, que este modelo con equilibrio exterior presenta mayores complejidades que las derivadas de la recta *BP*, ya que tanto la *IS* como la *LM* pueden desplazarse como consecuencia de perturbaciones asociadas al sector exterior. Así, en la *IS* deben incorporarse las variaciones de exportaciones e importaciones de bienes y servicios, mientras que la *LM* debe reflejar las variaciones monetarias derivadas de alteraciones en los tipos de interés.

Figura 5.4. Modelo básico IS-LM-BP.



Fuente: Elaboración propia a partir del modelo original de Mundell-Fleming.

### 5.3. El equilibrio ambiental

Una vez planteados los fundamentos básicos del equilibrio macroeconómico, mediante la especificación del modelo IS-LM en su versión más simplificada, a continuación se analiza la introducción de restricciones ambientales en dicho modelo. De esa forma es posible estudiar el equilibrio macroeconómico en un contexto de restricciones de sostenibilidad, viendo cuáles son las consecuencias sobre la renta de dichas restricciones y los efectos de las políticas macroeconómicas en ese contexto. Tal y como se ha señalado anteriormente, seguimos en este epígrafe las aportaciones de Heyes (2000), Lawn (2003a y 2003b) y Sim (2006).

La introducción de la restricción ambiental en el modelo IS-LM se realiza mediante la construcción de una nueva recta denominada EE (siglas en inglés de equilibrio ambiental). De una forma similar al análisis de las restricciones del equilibrio exterior en una economía abierta dentro del modelo IS-LM, planteadas por Mundell y Fleming mediante la deducción de la recta BP (o recta EE, equilibrio exterior, en el modelo planteado por Wrightsman, 1970), Heyes (2000) introduce por vez primera la restricción ambiental en dicho modelo macroeconómico. El planteamiento general de Heyes, que se resume a continuación, da lugar al denominado modelo IS-LM-EE.

El análisis de la recta EE parte de la definición de una variable  $e$  que representa la intensidad ambiental de la actividad económica, es decir, el consumo de medio ambiente por unidad de *output*. A su vez, esta variable  $e$  es una función del tipo de

interés real a largo plazo ( $r$ ) y de una variable  $\lambda$ , representativa del grado de regulación ambiental de la economía, entendida en este caso como el grado de internalización de efectos externos ambientales negativos. Es decir:

$$e = e(r, \lambda)$$

donde:

$$\partial e / \partial r > 0$$

$$\partial e / \partial \lambda < 0$$

El signo de las derivadas parciales respectivas representa que el aumento del coste del capital dificulta la inversión en tecnologías anticontaminantes mientras que la regulación ambiental reduce el consumo de medio ambiente por unidad de *output*. Un supuesto teórico básico que explica el signo de estas dos derivadas parciales y, en última instancia, la pendiente de la recta *EE*, hace referencia a la sustituibilidad de capital y medio ambiente.

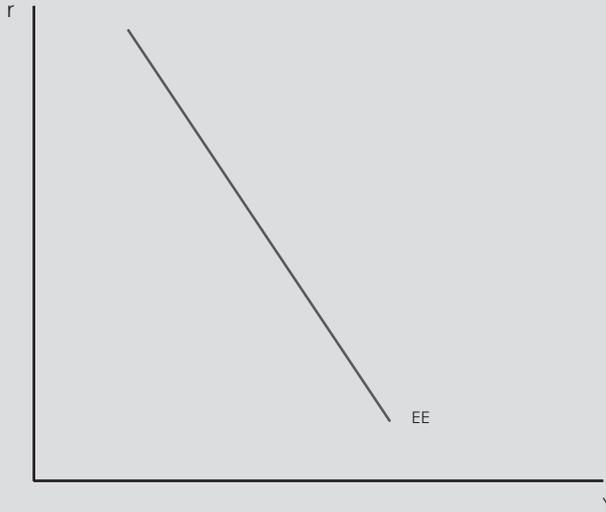
Siguiendo a Heyes (2000), en todo este desarrollo teórico suponemos que capital físico (manufacturado) y medio ambiente son factores sustitutivos en el proceso de producción agregada. Esto significa que un aumento en el coste de uno de esos dos factores induce a un aumento compensatorio en la utilización del otro y viceversa. Es decir, que la disminución en el coste del capital provoca que el nivel de actividad con neutralidad ambiental sea mayor, ya que se produce un desplazamiento de utilización de medio ambiente a utilización de capital.

Si denominamos  $E$  al *stock* de capital ambiental disponible, la pendiente de la recta *EE*, de acuerdo con el modelo original de Heyes (2000), es la siguiente, siempre que se verifique la condición  $dE/dt = 0$ , condición sobre la que se insistirá más adelante en este desarrollo analítico:

$$dr/dY = - e/(e' r Y)$$

Teniendo en cuenta este sencillo modelo de partida, la forma de la recta *EE* es la que se representa en la Figura 5.5, con dos interpretaciones posibles. La primera sería que a medida que el tipo de interés a largo plazo disminuye es menos costoso instalar tecnologías anticontaminantes que permitan un nivel de *output* mayor respetando la restricción ambiental, con un nivel de regulación dado. La segunda sería que con menor tipo de interés real a largo plazo se produce en la función de producción agregada un proceso de sustitución del factor medio ambiente (capital natural) por el factor capital físico (manufacturado o tecnológico), dado el nivel de regulación. Esta última interpretación, compatible con la primera, parte del supuesto de sustituibilidad entre factores en la función de producción agregada.

Figura 5.5. La restricción ambiental (EE).



Fuente: Heyes (2000).

Heyes (2000) adopta como supuesto de partida del modelo que la recta *EE* es más inelástica en todos sus puntos que la *IS*, supuesto que se puede asumir en la medida en la que el impacto de las modificaciones del tipo de interés sobre la inversión total, cuyo efecto se registra en la recta *IS*, puede suponerse que es mayor que el existente sobre las inversiones en tecnología anticontaminante, que se registra en la recta *EE*.

Se trata, en todo caso, de un supuesto que, como indica Lawn (2003a) no tiene porque considerarse necesario para el desarrollo del modelo. Añadimos aquí que el análisis de los desplazamientos de la *IS* en un entorno de restricciones ambientales conduce a unas conclusiones diferentes si se modifica la elasticidad relativa de las rectas *IS* y *EE* con respecto al planteamiento original de Hayes, mantenido por Lawn y Sim. De hecho esto tiene unas implicaciones importantes en el ámbito de las políticas macroeconómicas, ya que los efectos de la política fiscal expansiva con restricciones de neutralidad ambiental son diferentes en función de las pendientes de las rectas *IS* y *EE*.

El análisis de los desplazamientos de la recta *EE* en este modelo básico se puede plantear a partir de la función representativa de la variable  $e$ , presentada con anterioridad:

$$e = e(r, \lambda)$$

A partir de esta función el mantenimiento del equilibrio o la neutralidad ambiental, de acuerdo con los supuestos básicos del modelo que estamos analizando, es una situación en la que se cumple que:

$$dE/dt = 0$$

donde  $E$  es el *stock* de capital ambiental disponible. Las variaciones en  $E$  a lo largo del tiempo se basan en la relación existente entre los siguientes factores:  $e(r, \lambda) \cdot Y$ , que representa el consumo de medio ambiente generado por un nivel de actividad económica  $Y$ , y  $s \cdot E$ , que es un factor representativo de la regeneración ambiental. En este sentido, una situación de *steady state* desde el punto de vista el *stock* de capital ambiental es aquella en la que se cumple que:

$$dE/dt = e(r, \lambda) \cdot Y - s \cdot E = 0$$

es decir:

$$e(r, \lambda) \cdot Y = s \cdot E$$

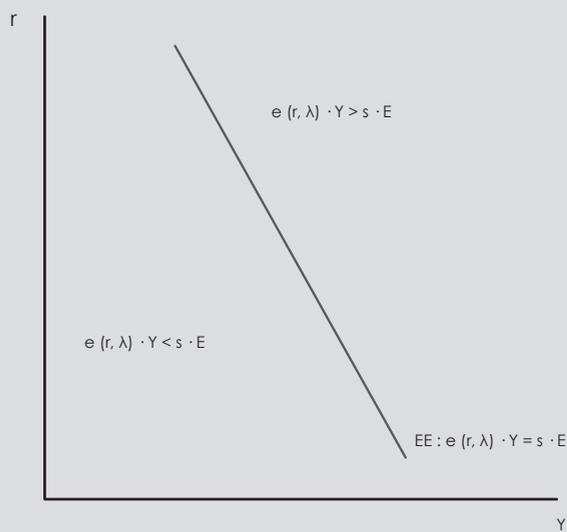
Los desequilibrios ambientales serán, pues, aquellos puntos representativos de pares de valores de  $r$  e  $Y$  en los que no se verifica la igualdad anterior. En este sentido, pueden darse dos circunstancias diferentes, tal y como se representan en la Figura 5.6:

- a.  $e(r, \lambda) \cdot Y > s \cdot E$ , situación en la que el consumo de medio ambiente vinculado a la actividad económica supera a la capacidad de regeneración ambiental (puntos situados a la derecha de la recta  $EE$ ).
- b.  $e(r, \lambda) \cdot Y < s \cdot E$ , situación en la que la regeneración ambiental es mayor que el consumo de medio ambiente (puntos situados a la izquierda de  $EE$ ).

Los desplazamientos de la recta  $EE$  del modelo que estamos analizando se producirán fundamentalmente a partir de las siguientes circunstancias. En primer lugar, como consecuencia del desarrollo tecnológico (ambientalmente eficiente), tal y como demuestra la ampliación del modelo desarrollada por Lawn (2003a y 2003b). Una mejora tecnológica de este tipo produciría un desplazamiento de la recta  $EE$  hacia la derecha. En segundo lugar, los desplazamientos de la recta pueden producirse como consecuencia de unas mayores exigencias en materia de equilibrio ambiental (aumento de las restricciones ambientales), que generalmente tienen un origen institucional, social o político y que desplazan la curva  $EE$  hacia la izquierda. En tercer lugar, un desplazamiento de la recta  $EE$  puede producirse como consecuencia de los efectos de una política ambiental exitosa, que genera un desplazamiento hacia la derecha de la  $EE$ , que supone que el equilibrio ambiental se mantiene con un mayor nivel de renta.

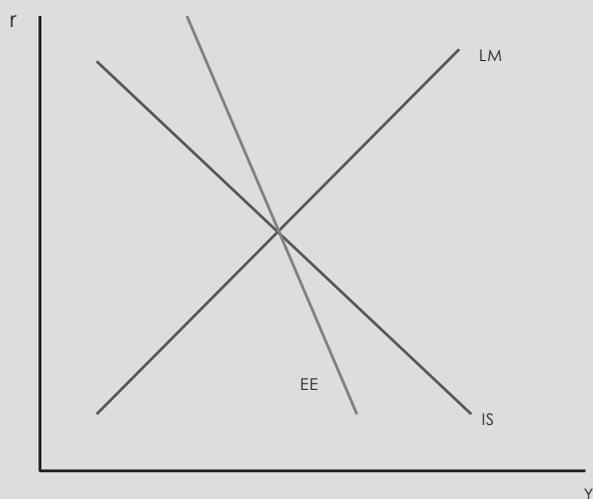
Los fundamentos de la restricción ambiental que se acaban de analizar permiten incorporar dicha restricción en el modelo IS-LM, objetivo central de

Figura 5.6. Equilibrios y desequilibrios ambientales.



Fuente: Elaboración propia a partir de Heyes (2000).

Figura 5.7. Modelo básico IS-LM-EE.



Fuente: Heyes (2000).

este epígrafe y, en general, de este capítulo. De esta forma se construye el modelo IS-LM-EE, que nos servirá de base para el análisis macroeconómico con restricciones de sostenibilidad que desarrollamos en el siguiente epígrafe y para el estudio de las políticas macroeconómicas con neutralidad ambiental, que se desarrolla en el Capítulo 7. Partiendo del supuesto de que la recta *EE* es más inelástica que la *IS*, el modelo IS-LM-EE, en su forma básica, se representa en la Figura 5.7.

Desde un punto de vista gráfico puede verse que las pendientes relativas de *IS* y *EE* juegan un papel determinante para analizar perturbaciones del punto de equilibrio inicial. La pendiente de la *LM* desempeña, en este caso concreto, un papel menos decisivo, excepto casos extremos como pueden ser la elasticidad completa o la inelasticidad total de dicha recta. Sobre estos aspectos se incidirá más adelante, al estudiar la estática comparativa en el modelo IS-LM-EE.

#### 5.4. Macroeconomía y restricciones ambientales

El modelo que se acaba de describir permite evaluar, desde un punto de vista de estática comparativa, los efectos de variaciones de determinadas variables macroeconómicas sobre el equilibrio general macroeconómico con restricciones de neutralidad ambiental. De igual modo, permite ver también los efectos de las políticas macroeconómicas y de la política ambiental sobre dicho equilibrio, permitiendo diseñar procesos de coordinación de políticas económicas y ambientales en un entorno de restricciones de sostenibilidad.

El presente epígrafe se dedica a estudiar de forma esquemática lo comentado en primer lugar. Adoptamos como referencia el planteamiento original de Heyes (2000), sobre el que Sim añadió una interesante alternativa teórica, que consiste en la posibilidad de existencia de ajustes automáticos hacia el equilibrio. Aunque esta posibilidad afecta esencialmente a las políticas macroeconómicas, hacemos referencia a la misma también en este apartado.

A continuación, con la finalidad de ordenar el estudio de los efectos de las variaciones de la *IS* y de la *LM* sobre el modelo completo con *EE*, se sigue la siguiente secuencia. Comenzamos con los efectos sobre el equilibrio macroeconómico de los desplazamientos de la *IS* en una economía cerrada. Continuamos con los efectos de los desplazamientos de la *LM* también en un entorno de economía cerrada y finalizamos el capítulo con una explicación general del equilibrio macroeconómico con restricciones ambientales en una economía abierta.

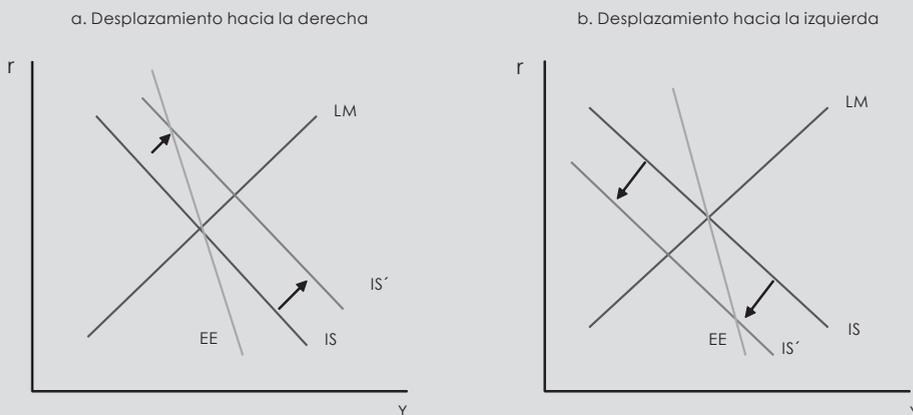
Los desplazamientos de la recta *IS* proceden de alteraciones en las variables básicas que determinan y componen la demanda agregada. Estas variables son,

fundamentalmente, el consumo privado, la inversión y el gasto público, siendo necesario añadir otras como las expectativas, con gran incidencia, por ejemplo, sobre ahorro e inversión, y los tipos impositivos, que modifican el comportamiento del consumo agregado. Excluyendo los instrumentos de política fiscal (gasto público e impuestos), podemos considerar dos ejemplos representativos de movimientos opuestos en la *IS*, analizando su incidencia sobre el equilibrio macroeconómico en el modelo que aquí estamos utilizando.

Como ejemplo de un desplazamiento hacia la derecha de la *IS* podemos utilizar el caso de un aumento de la inversión agregada como consecuencia de una mejora en las expectativas empresariales. Un desplazamiento hacia la izquierda lo produciría, por ejemplo, una restricción en el consumo privado en una fase cíclica de crisis económica. Ambos casos se presentan, gráficamente, en la Figura 5.8.

En el primero de los ejemplos, generalizable a cualquier desplazamiento de la *IS* hacia la derecha, puede verse como las consecuencias sobre el equilibrio consisten en que el nuevo punto de equilibrio macroeconómico (de *IS* y *LM*) está situado a la derecha de la recta *EE*, es decir, no cumple con la restricción de neutralidad ambiental. En esos puntos se produce un desequilibrio ambiental ya que  $e(r, \lambda) \cdot Y > s \cdot E$ . Esto significa que el aumento de renta inducido por el desplazamiento de la *IS* genera un consumo de medio ambiente superior a la capacidad de regeneración del mismo en dichas circunstancias.

Figura 5.8. Desplazamientos de la recta *IS* con restricciones ambientales.



Fuente: Elaboración propia a partir de Heyes (2000).

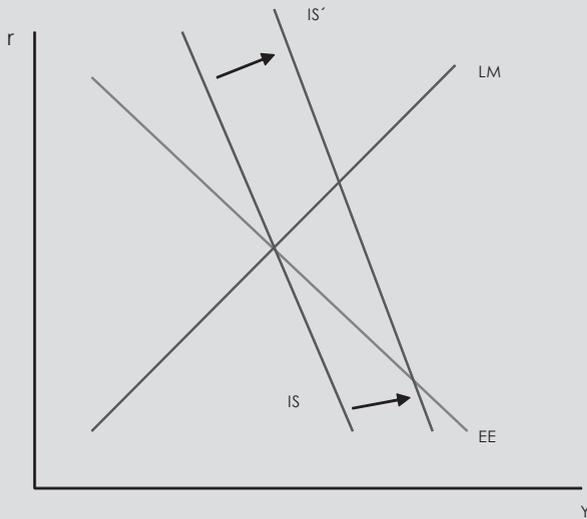
Si la hipótesis de Sim (2006) se acepta, puede darse la circunstancia de que exista un proceso de ajuste automático hacia el equilibrio, o bien mediante un desplazamiento de la *IS* hacia su posición original o bien por medio de una restricción monetaria hasta alcanzar de nuevo el punto de equilibrio entre *IS-LM-EE*. En la primera de esas posibilidades se volvería al nivel de renta inicial, mientras que en el segundo caso el nuevo equilibrio se produciría con un nivel de renta real inferior al del punto de equilibrio de partida. Ambas conclusiones se pueden obtener también en el caso de que, en lugar de producirse una tendencia automática al nuevo equilibrio, sean las políticas macroeconómicas las que se utilicen para cumplir la restricción ambiental. En concreto, se podrían utilizar las políticas fiscal y monetaria de orientación restrictiva para recuperar el equilibrio del modelo. Se está descartando, en cualquiera de estas posibilidades, la utilización de la política ambiental (desplazamiento de la *EE*) para recuperar ese equilibrio, ya que consideramos la restricción ambiental como dada y, por tanto, como objetivo de prioritario cumplimiento, en el sentido de Siebert (2005) y Solow (1991) [1993].

En el caso del desplazamiento hacia la izquierda de la *IS* puede verse en la parte *b* de la Figura 5.8 que el nuevo punto de equilibrio *IS-LM* se produce para un nivel de renta situado a la izquierda de los puntos de neutralidad ambiental. Esta es una situación en la que, al igual que en el caso anterior, existe equilibrio macroeconómico en los mercados de bienes y de dinero, pero desequilibrio ambiental, con una desigualdad  $e(r, \lambda) \cdot Y < s \cdot E$ . En esta situación la intensidad ambiental del crecimiento, dado el nivel de renta, es menor que la capacidad de regeneración del medio, dado ese nivel de renta.

En términos ecológicos se puede considerar que se trata de una situación sostenible, pero económicamente se está generando un nivel de renta menor que el que permite la neutralidad ambiental. Se trata de un punto de equilibrio *IS-LM* que puede ser aceptable en determinados contextos de política económica, por ejemplo en aquellos casos en los que es prioritario el control de la inflación, pero desde la perspectiva de nuestro modelo requeriría una serie de ajustes, automáticos o de política para restaurar el equilibrio *IS-LM-EE*. Dichos ajustes consistirían, eliminando la posibilidad de desplazamiento de la *EE*, en movimientos expansivos de la *IS* o de la *LM* hasta que se alcance de nuevo una situación de equilibrio global del modelo.

Como se ha comentado con anterioridad, este análisis se realiza partiendo del supuesto de que la pendiente de la *IS* es inferior a la de la recta *EE*. Se trata de la situación considerada estándar en la literatura económica sobre el modelo que estamos utilizando, pero en teoría no tendría porque ser un supuesto necesariamente cierto. En este sentido, en la Figura 5.9 se representa gráficamente el efecto de un desplazamiento de la *IS* hacia la derecha en una situación en la que la pendiente de la *EE* es más plana que la de la *IS*.

Figura 5.9. Desplazamiento de la IS en un modelo IS-LM-EE con pendientes modificadas.



Fuente: Elaboración propia.

En estas circunstancias el nuevo punto de equilibrio se situaría a la derecha del nivel de renta original y permitiría un ajuste monetario en el que la *LM* se desplazase hacia la derecha, permitiendo un aumento de la renta sin incumplir la restricción de neutralidad ambiental. Es una tarea pendiente de la investigación teórica en este ámbito analizar hasta qué punto es factible una situación de este tipo y cuáles son los factores potencialmente determinantes de la misma. En consecuencia, no nos podemos extender aquí más allá de este planteamiento genérico cuyas consecuencias para el equilibrio del modelo pueden ser de gran impacto teórico.

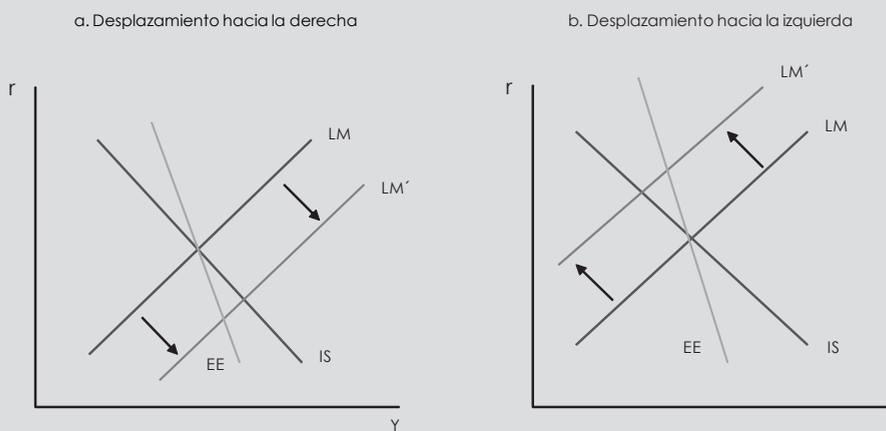
Los comentarios sobre los desplazamientos de la *IS* realizados hasta el momento enfatizan, sobre todo, las tendencias hacia el equilibrio del nivel de renta real. Ahora bien, tan relevante como eso es el comportamiento del tipo de interés real a largo plazo de equilibrio. De hecho, puede verse que los equilibrios con menores niveles de renta se producen en un contexto de tipos altos, mientras que las tendencias a la baja del tipo de interés permiten equilibrios generales con niveles elevados de la renta real capaces, incluso, de mantener la neutralidad ambiental. Estas circunstancias se ven con más claridad al analizar los efectos de los desplazamientos de la *LM* sobre el equilibrio del modelo.

En la Figura 5.10 se representan los efectos derivados de una expansión y una restricción monetaria sobre el equilibrio macroeconómico. El primero de esos casos provoca un desplazamiento de la LM hacia la derecha y puede proceder de cualquier factor que aumente la oferta monetaria real, ya sea una reducción en el nivel de precios, una política monetaria expansiva o cualquier otro determinante de la oferta de dinero. El segundo de los casos, que se representa gráficamente por medio de un desplazamiento de la LM hacia la izquierda, puede proceder de un aumento del nivel de precios, de una política monetaria restrictiva o de otros factores autónomos de restricción de liquidez.

Una expansión monetaria real tiene como consecuencia un nuevo punto de equilibrio IS-LM situado a la derecha del inicial, con un nivel de renta mayor y un tipo de interés menor. Ese nuevo punto de equilibrio no respeta la restricción ambiental EE, de forma que es preciso que se produzca un ajuste o bien en la IS o bien en la propia LM para alcanzar una situación de nuevo equilibrio general. En el caso de producirse un ajuste de la IS, mediante un desplazamiento hacia la izquierda como consecuencia de una restricción de la demanda agregada, el nuevo punto de equilibrio final será, en todo caso, con un nivel de renta real superior al del equilibrio inicial.

En el caso de que el desplazamiento de la LM fuese hacia la izquierda (restricción monetaria real), el nuevo punto de equilibrio entre IS y LM se produce para un nivel de renta situado por debajo de la renta con neutralidad ambiental. El ajuste de la IS para alcanzar un nuevo equilibrio general del modelo se generaría mediante

Figura 5.10. Desplazamientos de la recta LM con restricciones ambientales.



Fuente: Elaboración propia a partir de Heyes (2000).

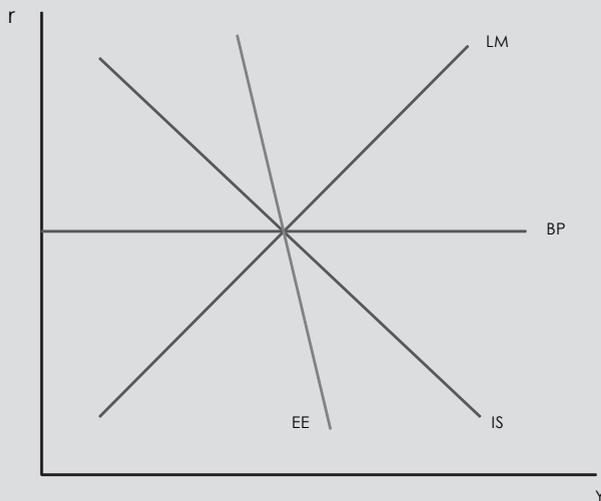
un desplazamiento hacia la derecha, es decir, con una expansión de la demanda agregada. El equilibrio final se produciría con un nivel de renta inferior al inicial y un tipo de interés mayor del equilibrio de partida.

La influencia del tipo de interés sobre los equilibrios descritos es lógica, dado que estamos partiendo del supuesto de sustituibilidad en la función de producción entre capital manufacturado y capital natural o ambiental. Así, para tipos de interés elevados el equilibrio con neutralidad ambiental tiene que ser, necesariamente, con un nivel de renta inferior al que se produce para tipos de interés bajos. Este efecto se ve con claridad en el análisis efectuado en este epígrafe, tanto en el caso de los desplazamientos de la IS como en el de los desplazamientos de la LM, procediendo a la comparación entre el equilibrio estático inicial y el final.

Hasta el momento nos hemos referido siempre al funcionamiento del modelo IS-LM-EE en una economía cerrada. Procedemos, a continuación, a extender dicho modelo al caso de una economía abierta, planteando solamente una situación de equilibrio general en los mercados de bienes y dinero, con equilibrio exterior y cumplimiento de la restricción ambiental. Se trata, por tanto, de la combinación del modelo IS-LM-EE con la recta BP del modelo de Mundell y Fleming, cuyos fundamentos han sido comentados anteriormente.

En la Figura 5.11 se representa el equilibrio del modelo IS-LM-EE en una economía abierta. Como se puede ver, se trata de una combinación compleja, en

Figura 5.11. Modelo básico IS-LM-EE en una economía abierta.



Fuente: Elaboración propia.

la que a los equilibrios macroeconómicos de los mercados de bienes y servicios y del mercado monetario es necesario añadir, en primer lugar, el equilibrio exterior, mediante la recta *BP* y, además, que se cumpla la restricción de neutralidad ambiental. Este análisis es especialmente complejo fundamentalmente por dos motivos. En primer lugar por la ingente cantidad de variables que se introducen en el modelo, que hace muy complicado estudiar incluso la estática comparativa más elemental del mismo. En segundo lugar, la introducción de la recta *BP* complica notablemente el ajuste del tipo de interés, ya que el supuesto de movilidad perfecta de capitales supone la existencia de un tipo de interés internacional que ajusta las cuentas externas.

De hecho, el estudio de este modelo IS-LM-EE-BP es una tarea pendiente para los teóricos de la macroeconomía ambiental e, incluso de la economía en general. El propio artículo seminal de Heyes (2000) plantea en sus conclusiones la posibilidad de extender el análisis al caso de una economía abierta, sin que desde entonces se hayan producido avances significativos al respecto.



# Capítulo 6

## Indicadores de economía sostenible

### 6.1. Introducción

El desarrollo y la disponibilidad de un sistema fiable de indicadores es una cuestión clave para el adecuado funcionamiento de una economía moderna. La implementación de medidas de política macroeconómica y su monitorización necesitan disponer de indicadores con un alto grado de representatividad. Eso ocurre también con medidas de carácter microeconómico, como aquellas que afectan a la distribución de la renta, o con las políticas ambiental, sanitaria o educativa. De hecho, un buen sistema de indicadores es signo de desarrollo y un paso importante para la implementación de políticas óptimas.

El caso concreto de la economía sostenible no representa, por supuesto, una excepción en este sentido. El análisis de la sostenibilidad y de las políticas económicas orientadas a tal fin requiere de la disponibilidad de un sistema de indicadores que permita realizar evaluaciones periódicas, tanto desde un punto de vista estático como dinámico. Surgen aquí dos dificultades sobre las que se construye todo este capítulo del libro. En primer lugar, el punto de partida de los indicadores de sostenibilidad debe proceder de la contabilidad nacional, lo que supone adoptar como referencia una serie de indicadores con múltiples problemas para medir la sostenibilidad. En segundo lugar, los dos enfoques del concepto de sostenibilidad, es decir, la sostenibilidad débil y la sostenibilidad fuerte, necesitan respuestas diferentes en el plano de la construcción de indicadores de economía sostenible.

Esta introducción se dedica, esencialmente, a exponer las definiciones básicas de los indicadores de contabilidad nacional que se adoptan como referencia inicial para la construcción de otros indicadores más complejos. El resto del capítulo se

dedica a plantear los problemas que presentan estos indicadores macroeconómicos tradicionales para la medición de la sostenibilidad y a analizar los fundamentos de indicadores alternativos basados en los paradigmas de sostenibilidad débil, en primer lugar, y sostenibilidad fuerte, en segundo lugar.

El indicador básico de crecimiento económico, y por extensión, de todo el sistema de contabilidad nacional es el Producto Interior Bruto (PIB). De hecho, en economía el crecimiento económico es, por definición, la tasa de variación del PIB real en un período temporal concreto de referencia, en relación al período anterior. Como alternativa al PIB suelen utilizarse, en muchas ocasiones, el Producto Nacional Bruto (PNB), la Renta Nacional (RN) o algún otro agregado macroeconómico de menor significatividad agregada. Cuando hablamos de desarrollo económico nos referimos, normalmente, también a esos tres indicadores pero en términos *per cápita*, es decir, por habitante. En todo caso, los indicadores de crecimiento y desarrollo económico son las principales variables macroeconómicas y la contabilidad nacional se convierte así en el marco analítico de referencia para la obtención de las estadísticas básicas de crecimiento y desarrollo.

Desde finales de los años treinta del siglo XX, el marco analítico y teórico planteado por la economía keynesiana atribuyó un gran valor a los grandes indicadores macroeconómicos, que se convirtieron en referencias básicas para analizar el comportamiento de una economía y para adoptar decisiones en materia de política económica, particularmente de política fiscal y política monetaria. En ese sentido, se atribuyó y se le sigue atribuyendo una gran importancia para el análisis macroeconómico no sólo a los principales indicadores de producción y renta, antes señalados, sino a los componentes de dichos agregados, como son el consumo privado, la inversión, el gasto público o el saldo neto exterior.

Sin embargo, la aparición de un compromiso con la sostenibilidad y, por tanto, la necesaria consideración de los ámbitos social y ambiental en los modelos de desarrollo y de crecimiento económico nos obligan a plantear si realmente esos indicadores macroeconómicos, de los que vamos a tomar como referencia más significativa el PIB, son fiables para la medición de aspectos que van más allá de los objetivos macroeconómicos puros o tienen la suficiente fiabilidad para su utilización como medida del desarrollo bajo el enfoque de la sostenibilidad.

La respuesta a esos interrogantes, que no por conocida es menos importante, no es otra que el hecho demostrado de que el PIB (o el PNB) presenta problemas realmente importantes desde el punto de vista de su utilización con otra finalidad que no sea estrictamente la de medir el crecimiento de la actividad económica registrada. No es un indicador válido, estrictamente, ni para medir el desarrollo, ni el bienestar social ni, por supuesto, para obtener un indicador sintético de desarrollo en el que se integren consideraciones relacionadas con la calidad ambiental y la conservación del medio ambiente.

Antes de comentar y valorar los principales problemas que presenta la contabilidad nacional y, en particular, el PIB, como sistema de indicadores para la

medición macroeconómica de la sostenibilidad, es preciso detenerse brevemente en una serie de definiciones de los términos más relevantes que vamos a necesitar para nuestro análisis posterior. Nos centramos, en concreto, en los conceptos de PIB, PNB, PIB y PNB *per cápita*, Producto Nacional Neto (PNN) y RN.

El Producto Interior Bruto es el valor monetario total de la corriente de bienes y servicios finales producidos en el interior de un país (o región) en un período temporal determinado, normalmente un año. Puede ser medido a través de tres vías diferenciadas: a) como la suma del gasto total de los agentes económicos en ese período de tiempo (enfoque del gasto o de la demanda); b) como suma de las remuneraciones obtenidas por los agentes económicos en el período considerado (enfoque de las rentas); y c) como suma del valor añadido total generado por todas las actividades productivas en el interior de un país en un período temporal concreto (enfoque del valor añadido).

El PIB se considera el indicador de referencia de la actividad y el crecimiento económico y puede presentarse o bien en valores monetarios absolutos o bien en tasas de variación. Esta última posibilidad es la más utilizada como indicador del crecimiento económico en un determinado ámbito geográfico, utilizándose normalmente su valor en términos reales, es decir, descontando los efectos de la inflación. Al no considerarlo necesario para el desarrollo del capítulo no entramos aquí en un análisis en mayor profundidad del PIB ni en la diferencia entre su contabilización a precios de mercado o a coste de factores.

El Producto Nacional Bruto es el PIB más las rentas, intereses, beneficios y dividendos obtenidos por los factores de producción nacionales en otros países y menos los mismos conceptos obtenidos por los factores de producción extranjeros en el interior del país. Es decir, es el valor monetario total de la corriente de bienes y servicios finales producidos con factores de producción nacionales, con independencia del lugar físico de producción, a lo largo de un período temporal concreto. En consecuencia, para la contabilización del PIB se utilizan criterios básicamente geográficos, mientras que para contabilizar el PNB los criterios utilizados son los de propiedad de los factores productivos. Al igual que el PIB, el PNB puede utilizarse como indicador de crecimiento económico y puede presentarse tanto en términos de valor monetario absoluto como en términos de tasa de variación.

En general, aquellos países inversores netos en el exterior tienen un PNB superior al PIB, mientras que los receptores netos de inversión directa presentan un PIB mayor que el PNB, existiendo una cierta tendencia a utilizar como indicador de crecimiento económico el mayor de los dos indicadores. Es necesario señalar que, en todo caso, cuando se pretende hacer una aproximación entre los conceptos de producción y renta, lo que suele ocurrir en aquellos casos en los que más que el crecimiento se pretende medir el desarrollo económico, resulta más adecuada la utilización del Producto Nacional, ya que se basa en la propiedad de los factores de producción y, por lo tanto, en la remuneración que obtiene esa propiedad, identificable, precisamente, con el concepto de renta nacional.

El PIB o PNB *per cápita* se definen como el PIB o el PNB por persona o por habitante existente en un país. Se calcula como el cociente entre cualquiera de los dos indicadores macroeconómicos señalados y el número de habitantes del país en cuestión. Son unos indicadores, especialmente el PNB *per cápita*, que se utilizan para la medición o la estimación del desarrollo económico, el nivel de vida o incluso el bienestar económico de un país.

El Producto Nacional Neto (PNN) es el PNB menos la depreciación del capital experimentada a lo largo del período de referencia, que contablemente se recoge mediante el concepto de amortización. Una parte del Producto Nacional total contabilizado a lo largo de un período de tiempo constituye un gasto que está destinado exclusivamente a reemplazar el capital físico que se deprecia por el simple paso del tiempo (obsolescencia) o como consecuencia de su desgaste debido al uso productivo del mismo. Eso es lo que se conoce como amortización, que debe ser restado del PNB para obtener el Producto Nacional en términos netos. Idénticas consideraciones se pueden hacer con respecto a los términos PIB y Producto Interior Neto (PIN), simplemente con la sustitución del criterio de propiedad de los factores por el criterio geográfico.

La Renta Nacional es el valor monetario de la remuneración obtenida por los factores de producción de un determinado país en un período de tiempo concreto. Por definición esa renta nacional debe excluir las amortizaciones, que no constituyen remuneración alguna sino el simple reemplazo de capital depreciado, de forma que la RN es un concepto asimilable, con un sistema de medición concreto (a coste de factores), al PNN. La Renta Nacional *per cápita* suele utilizarse también como indicador del desarrollo económico, del nivel de vida o del bienestar económico de un determinado país.

Las macromagnitudes que se acaban de comentar de forma muy esquemática son los principales indicadores utilizados en los países avanzados para las mediciones relacionadas con el crecimiento económico y el desarrollo. En general, la producción está vinculada al crecimiento, mientras que la renta se vincula al desarrollo, aunque existe una evidente relación entre ambos términos, hasta el punto de que los esquemas más simples de representación del flujo de la actividad económica plantean una identidad circular entre ambos términos.

Algunas de las definiciones planteadas en esta breve introducción de carácter casi terminológico veremos que son muy relevantes para el objeto de estudio de este capítulo. Así, por ejemplo, en el diseño de indicadores de economía sostenible desempeña un papel clave el término depreciación, dado que el proceso de degradación ambiental y la explotación de recursos son, realmente, formas concretas de depreciación que no están recogidas en la elaboración de los indicadores macroeconómicos definidos con anterioridad.

Tal y como ya se ha adelantado, todos estos indicadores macroeconómicos tradicionales presentan problemas muy importantes para su utilización en la

medición de la sostenibilidad. Esto ocurre tanto si se entiende ésta según los principios básicos plasmados en el Informe Brundtland como si se interpreta de acuerdo con lo que en este libro estamos denominando economía sostenible. El siguiente epígrafe se dedica a plantear pormenorizadamente dichos problemas y, en consecuencia, a seguir avanzando hacia el proceso de construcción de indicadores de economía sostenible.

## 6.2. Problemas de los indicadores macroeconómicos

El análisis de los principales problemas de los indicadores macroeconómicos, no sólo para la medición de la sostenibilidad, sino incluso para medir con rigor la propia actividad económica real, se desarrolla a continuación siguiendo los detallados planteamientos de Anderson (1992). En su breve y clarificador *Alternative economic indicators*, Victor Anderson expone una clasificación con 16 problemas de los indicadores de contabilidad nacional. Aquí reducimos ligeramente dicha clasificación, adaptándola a nuestros objetivos, pero sin variar significativamente su esencia, identificando un total de 14 problemas del PIB como indicador de indicadores.

A continuación nos centramos en esquematizar qué inconvenientes presenta el sistema de contabilidad nacional y en particular, como ya se ha comentado, el PIB, como indicador básico de la actividad económica de un país. Esta clasificación nos servirá como referencia de partida para, en los apartados siguientes, plantear las posibles reformas que permitirían incorporar los principios básicos de la sostenibilidad, en particular los referidos al medio ambiente, dentro del sistema de indicadores macroeconómicos vigente en la actualidad en los países desarrollados.

Los principales problemas del PIB, entendido como indicador de crecimiento y desarrollo, se clasifican a continuación en dos grandes grupos. En primer lugar los problemas relacionados con la renta y el *output* (producción), que se refieren a los problemas del PIB para la medición rigurosa de la renta o la producción real de una economía. En segundo lugar, se plantean los relacionados con el *output* y el bienestar, más interesantes desde nuestra perspectiva, y referidos al análisis de las razones por las que la medición del producto no refleja adecuadamente los niveles de bienestar de una sociedad.

### Problemas relacionados con la renta y el *output*

Una de las vías de medición del PIB es la utilización del enfoque de la renta. Sin embargo, sólo se contabiliza la renta que se puede detectar mediante flujos monetarios, es decir, la derivada de operaciones de mercado. De esta manera, existen al menos dos conceptos clave que no forman parte ni de la renta ni del *output* (PIB), planteándose así los dos primeros grandes problemas de este indicador.

**Problema 1.** La no contabilización del trabajo doméstico. El trabajo realizado en labores domésticas, tales como el cuidado de una casa o de una familia, o en algunos países determinadas tareas agrícolas, es una importante contribución a la renta y al *output* que, sin embargo, no está recogida en el PIB. Esto supone una infravaloración de este indicador en su conjunto, al no reflejar actividades muy importantes para el funcionamiento de una sociedad.

**Problema 2.** La no contabilización de las transacciones fuera de mercado. Un problema similar al anterior es el derivado de las transacciones que no pasan por un mercado y, por tanto, que no tienen una plasmación ni en el sistema de precios ni en los flujos monetarios de la economía. Fundamentalmente esto se refiere a las operaciones de autoconsumo, que implican producción y consumo pero que no quedan reflejadas al unificarse en el mismo agente económico la producción y el consumo del bien o servicio en cuestión. En el mismo orden de problemas de contabilización figuran cuestiones como los regalos, las propinas, las obras de caridad y actividades de voluntariado, etc., lo que supone, al igual que en el caso anterior, una infravaloración de la renta y el *output* totales.

Este es un problema diferente al de la economía sumergida, ya que en las actividades ocultas se realizan transacciones de mercado, pero que por un deseo explícito de los agentes económicos que las protagonizan, escapan a los sistemas oficiales de contabilización y a los circuitos convencionales de carácter contable, fiscal, laboral y estadístico. La no contabilización de las transacciones sumergidas en el PIB constituye, por supuesto, otra debilidad del sistema de indicadores y también subestima el valor de la renta y la producción, pero no podemos olvidar que la economía sumergida no forma parte de las estadísticas oficiales por definición y, por tanto, su contabilización es un problema difícil de solucionar mediante modificaciones en los mecanismos y sistemas de contabilidad nacional. Idénticos comentarios los podemos realizar a propósito de la evasión fiscal.

## Problemas relacionados con el *output* y el bienestar

Numerosos problemas relacionados con el *output* y el bienestar no son considerados en el PIB, originándose distorsiones a la hora de utilizar este indicador como referencia básica de bienestar económico. Entre esos problemas destacan, especialmente, los derivados del establecimiento de comparaciones, de la depreciación de diferentes *stocks* de capital, de la contabilización de distintas fuentes de bienestar y de los problemas relacionados con la ineficiencia que pueden afectar al bienestar. A continuación, se examinan por separado dichos problemas, resaltando las implicaciones de mayor importancia.

## Problemas relevantes para la realización de comparaciones

**Problema 3.** La distribución de la renta. Dos países que presenten un PIB o una RN *per cápita* similares pueden tener, sin embargo, una situación social extremadamente

diferente, en función de la distribución de la renta existente en cada uno de esos países. Como los indicadores macroeconómicos por sí solos no recogen dicha distribución de la renta y, por tanto, sus implicaciones en términos de bienestar general, es preciso recurrir a instrumentos como la Curva de Lorenz o el Índice de Gini, que permiten aproximar el grado de equidad en la distribución de la renta existente en dos ámbitos geográficos diferentes o en dos períodos temporales diferenciados.

**Problema 4.** Diferencias de necesidades y circunstancias: El PIB es un indicador que registra la producción de bienes y servicios en un determinado lugar. Pero los bienes y servicios producidos en cada país dependen de las necesidades de sus habitantes, de manera que diferentes necesidades, y diferentes circunstancias, llevan a la producción de diferentes tipos de bienes y servicios. Tradicionalmente, a la hora de elaborar un indicador estadístico como es el PIB esta posibilidad se ignora, ya que de lo contrario resultaría muy dificultoso ponderar los diferentes tipos de necesidades a la hora de contabilizar la producción y la renta. Sin embargo, a efectos de utilizar el producto por persona o la renta por persona como indicadores de desarrollo económico, y establecer comparaciones entre países, es preciso tener en cuenta la existencia de grandes diferencias de necesidades y de circunstancias en distintos países y en distintos períodos temporales.

**Problema 5.** La utilización de los tipos de cambio para el establecimiento de comparaciones internacionales. Los resultados de las comparaciones entre el PIB o el PIB *per cápita* de diferentes países pueden verse muy afectados por los efectos de las fluctuaciones de los tipos de cambio, que se utilizan para convertir los indicadores macroeconómicos expresados en términos monetarios de los diferentes países a una sola moneda de referencia internacional, que normalmente es el dólar estadounidense. De esa forma, una caída en el tipo de cambio de una moneda con respecto al dólar (en el caso de que ésta sea la divisa de referencia) provoca automáticamente un empeoramiento de las ratios de crecimiento y desarrollo del país cuya moneda se deprecia en relación a otros países con monedas más estables. Es decir, las fluctuaciones de los tipos de cambio tienen una influencia clara en la comparación de los indicadores de renta y producción de los diferentes países sin que eso refleje, necesariamente, cambios en los niveles reales de bienestar.

Pero el problema no acaba aquí, ya que en algunas ocasiones el tipo de cambio, con independencia de sus fluctuaciones reales en el mercado de divisas, puede estar sobreestimado o infraestimado en los mercados internacionales, originando de esa manera también una sobreestimación o infraestimación de sus indicadores macroeconómicos de referencia. Todas estas cuestiones deben ser tenidas en cuenta a la hora de medir el desarrollo económico de las distintas naciones, utilizando por ejemplo tipos de cambio promedio de períodos largos o tipos de cambio que se consideran teóricamente adecuados en función de los fundamentos macroeconómicos de cada país.

## Problemas relacionados con los *stocks* de riqueza y capital y el tratamiento de su depreciación

**Problema 6.** La riqueza y su depreciación. El PIB mide básicamente flujos temporales de producción o de renta. Sin embargo, no mide el valor de las posesiones de los habitantes del país, y en consecuencia no refleja los beneficios que se pueden imputar a tales posesiones (o al menos no refleja todos los beneficios imputables). Esto significa que el PIB es un indicador que no mide la riqueza de los individuos, que en realidad es un parámetro de gran importancia para medir el desarrollo y el bienestar.

Lo que sí se registra en el PIB es la depreciación de algunos tipos concretos de mantenimiento de riqueza, fundamentalmente aquellos casos de capital físico útil para el desarrollo de actividades productivas. Mediante una imputación de un gasto anual, se suma al producto la amortización del capital físico, que si se excluye de la contabilización final permite obtener el PNN. En otros tipos de capital, sin embargo, no se recogen ni sus rendimientos ni su depreciación. Este es el caso del capital ambiental y del capital humano, que comentamos a continuación como los problemas 7 y 8 del PIB como indicador de desarrollo.

**Problema 7.** El capital ambiental y su depreciación. El modelo de crecimiento económico de los países avanzados se caracteriza por un gran consumo de *inputs* naturales y una dosis importante de agresividad con el medio ambiente. El ritmo de explotación de los recursos naturales y los problemas de contaminación ambiental no se recogen en las mediciones macroeconómicas tradicionales. Por ejemplo, en el indicador de referencia, el PIB, no se introduce consideración de ningún tipo que haga referencia a estos dos problemas.

En la medida en que se reconoce la necesidad de plantear modelos de crecimiento económico de acuerdo con los principios de la sostenibilidad, es preciso incluir en los mecanismos y procedimientos de medición indicadores de consumo de recursos naturales y de deterioro medioambiental. Es decir, se reconoce la necesidad de incluir al capital ambiental o a la riqueza medioambiental como un activo de gran importancia en cualquier país. De igual forma, si el capital físico experimenta un proceso de depreciación que se recoge en la contabilidad nacional mediante las amortizaciones, se hace necesario también conocer la depreciación del capital natural y plantear cuál es la amortización del mismo. Ninguna de estas cuestiones se recoge actualmente en los procedimientos de cálculo del PIB, constituyendo una debilidad muy importante para el problema que estamos tratando en este capítulo, ya que el hecho de que el Producto Interior Bruto no sea un buen indicador para la medición de la sostenibilidad tiene mucho que ver con las cuestiones que acabamos de señalar.

**Problema 8.** El capital humano y su depreciación. Aparte del capital físico y del capital ambiental, al que nos acabamos de referir, existe una tercera forma de capital que tiene mucho que ver con el desarrollo económico, el capital humano, entendido como el *stock* de conocimientos acumulados por la población en un momento determinado. La importancia del capital humano es tal que las más influyentes teorías del crecimiento económico han atribuido siempre una importancia básica al mismo en cualquier proceso de crecimiento y desarrollo, desde los planteamientos de Robert Solow hasta las teorías del crecimiento endógeno desarrolladas fundamentalmente por Paul Romer. Incluso existe un cierto consenso en la actualidad sobre el hecho de que en una economía globalizada el principal factor diferenciador entre los países con alto grado de desarrollo y los países subdesarrollados es, precisamente, el enorme diferencial de capital humano. El PIB no recoge el avance de los conocimientos ni el *stock* de capital humano, aunque se pueda considerar que las variaciones en el PIB se deben, en una parte importante, precisamente a la influencia del capital humano.

Una cuestión de interés a este respecto que se puede plantear es el hecho de que el estado de salud es un determinante muy importante del capital humano, de forma que es posible interpretar, bajo esta óptica, que el capital humano también experimenta procesos de depreciación que, una vez más, no están recogidos en los indicadores macroeconómicos. Únicamente la incorporación del gasto sanitario al PIB se puede considerar, con los sistemas de medición actuales, una *proxy* de la depreciación del capital humano, entendida de la forma que acabamos de plantear.

**Problema 9.** La diferente tipología de bienes existentes (el caso de los bienes de lujo). La microeconomía define mediante el concepto de elasticidad renta de la demanda diferentes tipos de bienes en función de las relaciones entre su demanda y la renta de la población. Así, es posible definir conceptos como los de bien normal, bien inferior, bien de lujo y bien de primera necesidad. En macroeconomía, sin embargo, los indicadores básicos, con el PIB como referencia, no tienen capacidad para determinar estadísticamente si las variaciones en la producción y la renta se deben al crecimiento de bienes de lujo, por ejemplo, o por la extensión a toda la población de los bienes de primera necesidad.

Este problema tiene una particular relevancia en países subdesarrollados o en vías de desarrollo que pueden presentar un PIB *per cápita* muy elevado debido a que existe una distribución de la renta muy poco igualitaria, que concentra la mayor parte de la renta en pocas manos, de forma que los poseedores de la mayor parte de la renta (una minoría muy rica) pueden provocar aumentos notables del PIB a través del consumo de bienes de lujo, mientras que las capas de población con menor nivel de renta (la inmensa mayoría) no tienen acceso ni siquiera a bienes de primera necesidad. En esos casos, está claro que el PIB o el PIB *per cápita* no se pueden considerar, bajo ninguna circunstancia, como indicadores adecuados de desarrollo.

## Problemas relacionadas con otras fuentes de bienestar

Existen una serie de fuentes de bienestar para los ciudadanos que no están recogidas ni explícitamente ni implícitamente en la contabilidad nacional y que, sin embargo, son básicas para entender los conceptos de desarrollo social y bienestar. En particular, se debe citar, en este sentido, al tiempo de ocio y a la calidad en el trabajo.

**Problema 10.** La medición del tiempo de ocio. El disfrute de los momentos de ocio es una condición absolutamente indispensable para el desarrollo humano. En consecuencia, el ocio es una de las fuentes de bienestar de mayor importancia. Sin embargo, el PIB y en general la contabilidad nacional no recogen de ninguna forma una valoración del tiempo de ocio como parte básica de cualquier indicador de bienestar. De hecho, dado que la producción se relaciona directamente con el tiempo de trabajo, y éste es sustitutivo del tiempo de ocio, puede darse la circunstancia de que un menor tiempo de ocio se traduzca en mayores cifras de producción, pero a costa de menor calidad de vida y de menor bienestar, lo que a largo plazo puede acabar originando una menor productividad en el trabajo y problemas relacionados con la salud y el deterioro del capital humano.

Es preciso tener en cuenta, además, siguiendo el razonamiento anterior, que el aumento en el tiempo de ocio puede ser una importante fuente de aumento de la productividad, de forma que es posible identificar situaciones en las que con menor trabajo se alcance una mayor producción y una renta más elevada. Sin embargo, ningún indicador macroeconómico está en disposición, actualmente, de recoger los efectos relacionados con el tiempo de ocio que se acaban de señalar.

**Problema 11.** La calidad en el trabajo. La modelización económica implícita en los sistemas de contabilidad nacional y, en general, en el ámbito de la macroeconomía, considera que el crecimiento, el desarrollo y el bienestar se derivan de la producción y de la actividad económica. Teniendo en cuenta el razonamiento que existe tras el concepto de función de producción, la actividad económica depende, en una proporción muy elevada, del factor trabajo. Sin embargo, esa modelización no es completa, ya que ni el desarrollo ni el bienestar se derivan directamente de la cantidad del trabajo, sino que es necesario tener muy en cuenta también la calidad del mismo o la calidad de vida en el trabajo.

Al igual que comentamos al referirnos al tiempo de ocio, una mala calidad de vida en el trabajo puede acabar originando una menor productividad y una depreciación del capital humano (en términos de salud), con los consiguientes efectos negativos no sólo sobre el bienestar y el desarrollo, sino incluso sobre el crecimiento. Por el contrario, una elevada calidad de vida en el trabajo puede generar mayor productividad, menor depreciación del capital humano en términos de salud y, como consecuencia mayor producción, desarrollo y bienestar. Ninguna de estas consideraciones está especificada en el cálculo del PIB.

## Problemas relacionados con la ineficiencia en la provisión de servicios

El desarrollo económico y social y, en definitiva, el bienestar, dependen en gran medida de la calidad en la provisión, pública y privada, de bienes y servicios. En ese sentido, la valoración monetaria de esos bienes y servicios implícita en el PIB no es un buen indicador de bienestar porque no está recogiendo el nivel de eficiencia en la provisión y prestación de los mismos. Es más, se puede dar la circunstancia de que la ineficiencia en la provisión de bienes y servicios encarezca los mismos y, como consecuencia, se produzcan crecimientos del PIB que en realidad se deben a los aumentos de costes debido a comportamientos ineficientes.

**Problema 12.** La ineficiencia en la provisión pública de bienes y servicios. En muchas ocasiones, la provisión pública de determinados bienes y servicios es claramente insatisfactoria para los ciudadanos, que recurren a las compras complementarias de bienes y servicios privados, generalmente a un precio mayor que el que oferta el sector público. En ese caso, el PIB registraría un aumento, sin que ello refleje realmente un aumento del bienestar, sino un desplazamiento del consumo de bienes proporcionados por el sector público hacia el de bienes complementarios privados, lo que en realidad puede estar reduciendo, en términos generales, el bienestar de unos ciudadanos que tienen que pagar un precio más alto por un servicio similar.

**Problema 13.** La utilización eficiente de los avances tecnológicos y organizacionales. Los avances técnicos y las mejoras en organización están posibilitando la producción de algunos bienes y servicios a un coste y a un precio muy inferior, en términos reales y nominales, al de hace unos años. El aprovechamiento eficiente por parte de las empresas de estos avances puede traducirse en una reducción del PIB o, al menos en una reducción del crecimiento del PIB, que sólo considera su valoración en términos monetarios, como consecuencia de estos avances, cuando en realidad ponen de manifiesto claramente una mejora en el desarrollo y el bienestar.

## Problemas relacionados con la confusión entre bienes y males: El concepto de gastos defensivos o compensatorios

**Problema 14.** La contabilización de los gastos defensivos o compensatorios. Una parte relevante de los gastos de los consumidores y de las Administraciones públicas de los países avanzados se dedican no a la obtención de bienes sino a la corrección o a la prevención de males causados por el funcionamiento del actual modelo de crecimiento económico. Ejemplos claros de ello son los gastos en sanidad y protección de la salud o los derivados de la lucha contra los efectos de la contaminación. Este tipo de gastos se denomina gastos defensivos o compensatorios y se contabilizan como producción final, de manera que contribuyen al aumento del PIB, cuando en realidad no se pueden considerar como bienes, dada la función que desempeñan.

El análisis de la tendencia de este tipo de gastos compensatorios en relación al crecimiento de la actividad económica es relevante, en el sentido de que nos proporciona un indicador aproximado de sostenibilidad. Un ejemplo de investigación orientada en esta dirección es la de Leipert (1989), realizada para Alemania, que demuestra que los gastos defensivos en ese país aumentan a un ritmo mayor que el PIB, lo que supone, de continuar la tendencia, que la economía tendría que crecer cada vez más solamente para proteger a los ciudadanos de los propios efectos del crecimiento económico, algo que se puede considerar ciertamente como una situación absurda (Martínez Alier, 1999).

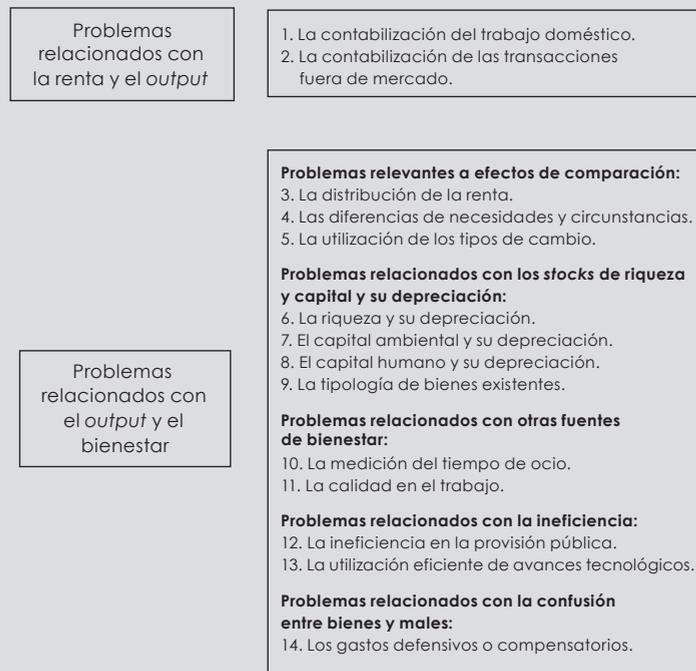
Con respecto a estos gastos compensatorios lo cierto es que no hay un consenso generalizado ni acerca de cuáles son exactamente los conceptos que entrarían en tal definición, ni si este tipo de gastos se debe sumar o restar a la hora de calcular un PIB adecuado para la medición del desarrollo. En principio, podría aceptarse que no se deben sumar, sino restarse, ya que en realidad son costes y no beneficios, pero es preciso recordar que cuando el daño ya está hecho esos gastos compensatorios contribuyen a mejorar el bienestar, por lo que deberían sumarse en el PIB. Cerrando esta compleja cuestión, para rebatir la última afirmación es posible argumentar que tampoco se deben sumar si anteriormente no se restó el daño producido, por lo que parece que una medida de cierto consenso sería no considerar a los gastos de este tipo ni como aumento ni como minoración del PIB, desde la óptica de su utilización para medir el desarrollo.

Todos los problemas que se acaban de mencionar se recogen en la Figura 6.1 y ponen de manifiesto que el PIB no es un buen indicador para medir la sostenibilidad de una economía, ya que no considera ni los aspectos sociales ni los aspectos ambientales del crecimiento. Además, desde el punto de vista estrictamente económico, no está contabilizando todos los conceptos que deben figurar en un indicador de crecimiento de la actividad, y en algún caso considera como valor añadido la producción de bienes o prestación de servicios que tienen un claro carácter compensatorio de efectos nocivos provocados por el mismo proceso de crecimiento.

Una vez planteado este conjunto de problemas, y dada la orientación hacia el componente ambiental de la sostenibilidad de este libro, debida a razones ya comentadas en capítulos anteriores, a continuación se estudia en qué medida los problemas del PIB como indicador de sostenibilidad afectan al ámbito estricto del medio ambiente y los recursos naturales. Para desarrollar esta idea el esquema de referencia seguirá siendo el anterior, originario de Anderson (1992), que sin embargo no profundizó de forma específica en los aspectos que se analizan seguidamente.

Se ha comentado que uno de los grandes problemas de los indicadores macroeconómicos tradicionales es el hecho de que no son capaces de registrar, por definición, el valor de las transacciones realizadas fuera de mercado. Los bienes y

Figura 6.1. Los problemas del PIB como indicador de sostenibilidad.



Fuente: Elaboración propia a partir de Anderson (1992).

servicios ambientales son, en la mayoría de los casos, ejemplos paradigmáticos de productos que tienen claramente un valor, pero que dicho valor no se manifiesta ni en un mercado ni en un sistema de precios.

Por ejemplo, nadie duda de que un espacio natural tiene un valor, tanto instrumental como intrínseco, pero sin embargo al no poder transaccionarse, en la mayoría de los casos, dicho espacio natural, ni los atributos del mismo, no es posible medir, al menos directamente, todo su valor. Lo mismo se puede decir, pero aún con mayor claridad, de bienes naturales como un ambiente libre de contaminación atmosférica, una zona costera sin presencia alguna de contaminantes en las aguas, un espacio urbano con pocos ruidos, etc. Aunque resulta elemental que todo eso tiene un valor, no es tan fácil traducir dicho valor en términos monetarios y menos aún incorporarlo a un indicador de síntesis del crecimiento o el desarrollo económico como pretende ser el PIB. Es razonable, por todo ello, que algunas de las más conocidas y utilizadas técnicas de valoración económica de la calidad ambiental se basen, precisamente, en el diseño de mercados ficticios que permitan valorar monetariamente de forma artificial los distintos atributos medioambientales.

Otro problema de medición que se ha identificado en este apartado es el que hace referencia al hecho de que existen diferentes necesidades y distintas circunstancias en cada país, lo que origina diferentes tipos de bienes y servicios producidos y consumidos. Al no tenerse esto en cuenta en el cálculo del PIB, este indicador no será completo ya que implícitamente está considerando que las necesidades y circunstancias son homogéneas en todos los lugares.

Esta limitación de la contabilidad nacional puede trasladarse al ámbito del medio ambiente si tenemos en cuenta que el estado ambiental (o la presión ambiental) difiere notablemente entre unos países y otros, lo que se traduce en la existencia de diferentes necesidades y circunstancias en ese ámbito. En este sentido, algunos países pueden tener un elevado valor añadido bruto en concepto de gastos defensivos relacionados con el medio ambiente, que entran de forma aditiva en el PIB y en otros, sin embargo, debido a la existencia de un mejor estado ambiental, no tienen unos gastos de este tipo tan elevados, con los efectos que ello tiene sobre el PIB. Esto puede originar, además, una importante diferencia en términos de valoración de la calidad ambiental entre unos países y otros, ya que en algún caso la ausencia de presiones serias sobre el medio ambiente puede llevar a la sociedad a valorar marginalmente de forma poco relevante la mejora del medio físico y en otros, con mayores problemas de contaminación o sobreexplotación de recursos naturales, ocurrirá exactamente lo contrario.

Una de las implicaciones más relevantes desde el punto de vista del medio ambiente de las limitaciones del PIB es, sin duda, la exclusión del capital o patrimonio ambiental de dicho indicador y la no consideración de su depreciación. Aquellos países con un patrimonio ambiental más amplio y de mayor calidad tienen mayores posibilidades de crecimiento económico sostenible y aquellos países con una mayor depreciación del capital ambiental (debido a mayores niveles de contaminación o de explotación de recursos naturales) estarán limitando en mayor medida la sostenibilidad futura de sus procesos de desarrollo desde la óptica del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. Ninguna de estas dos circunstancias, ambas de gran importancia, se recogen en los indicadores macroeconómicos tradicionales, lo que constituye una limitación importante para la medición de la sostenibilidad.

Las implicaciones ambientales de los problemas relacionados con la ineficiencia en la prestación de determinados servicios públicos proceden del hecho de que una parte importante de los servicios compensatorios ambientales son proporcionados, precisamente, por el sector público. Podemos pensar, a este respecto, en servicios como determinados procesos de descontaminación, los servicios de recogida y tratamiento de residuos sólidos urbanos, o el tratamiento de residuos tóxicos y peligrosos. Si este tipo de servicios se realiza de forma ineficiente, dichos gastos públicos, que se pueden considerar defensivos o compensatorios, tendrán un valor más elevado del que deberían tener en un contexto

de eficiencia en la prestación de servicios, contribuyendo a un aumento del PIB que no se corresponde con una mejora en el desarrollo y el bienestar.

De igual forma, determinados procesos de tratamiento de residuos o de reducción de la contaminación ambiental suelen estar ligados a tecnologías avanzadas, que se han desarrollado con gran rapidez en los últimos años. Normalmente, la difusión y el desarrollo de esas tecnologías contribuyen a reducir su precio medio y, con ello, el coste en el que deben incurrir las empresas para reducir el impacto ambiental de sus emisiones y, en general de sus actividades productivas. En ese sentido, aquellas empresas que utilicen eficientemente dichas tecnologías incurrirán en un coste menor que las que lo hagan de una forma ineficiente. Sin embargo, en algunos casos, los gastos compensatorios de procesos de descontaminación provocarán un aumento del PIB mayor cuanto mayor sea la ineficiencia en la utilización de tecnologías avanzadas, lo que sin duda constituye una contradicción desde el punto de vista de la medición del desarrollo y del bienestar.

Finalmente, la última implicación a señalar, a la que implícitamente ya nos hemos referido anteriormente, es la que se refiere a los gastos compensatorios o defensivos. Una parte importante de estos gastos tienen su origen en la aparición de males relacionados con la contaminación ambiental. Incluso es posible atribuir una parte del gasto en sanidad, que entraría dentro del concepto de gasto defensivo, a problemas relacionados con la contaminación atmosférica. Esto quiere decir que un mayor nivel de deterioro ambiental suele provocar unos mayores gastos defensivos y, como consecuencia, un aumento del PIB que nada tiene que ver con una mejora en el nivel de desarrollo o de calidad de vida de un país.

En definitiva, el PIB y, en general, el sistema de contabilidad nacional que se utiliza en los países avanzados, presentan unas claras limitaciones como indicadores de desarrollo y bienestar desde la óptica de la sostenibilidad. Algunas de esas limitaciones tienen una gran relevancia desde el punto de vista ambiental, en especial las derivadas de la ausencia de precios de mercado para la mayoría de los bienes y servicios ambientales, la inexistencia en los indicadores macroeconómicos de un sistema de contabilización del capital ambiental y de su depreciación y la necesidad de realizar importantes gastos defensivos como consecuencia de los procesos de deterioro del medio ambiente y del aumento de los niveles de contaminación.

La importancia de todo ello obliga a buscar alternativas al PIB si realmente se quiere asumir un compromiso real de sostenibilidad del crecimiento en los países desarrollados. La búsqueda de estos indicadores alternativos tiene una particular importancia para la política económica y para los *policy-makers*, ya que es necesario disponer de información de calidad que permita reconocer los problemas más relevantes desde la óptica de la sostenibilidad y comprobar la evolución de los resultados de las medidas orientadas hacia el cumplimiento de los objetivos

propuestos. En particular, la búsqueda de indicadores que permitan integrar el crecimiento económico y el mantenimiento de la calidad ambiental ha sido y es fuente de preocupación de numerosos economistas. En los apartados siguientes nos centramos, precisamente, en la exploración de esos intentos de integración de indicadores de crecimiento económico y medio ambiente, sin olvidar las aportaciones orientadas a medir la dimensión social del crecimiento.

El diseño de indicadores de sostenibilidad obedece a dos metodologías diferenciadas. Por un lado, la basada en el ajuste de indicadores macroeconómicos con variables de tipo social y ambiental, bien para obtener un indicador monetario bien para obtener un índice de bienestar o de sostenibilidad. Por otro lado, se ha tratado de recoger el nivel de bienestar y determinados conceptos de sostenibilidad mediante sistemas de indicadores complementarios de los macroeconómicos. En el caso de la sostenibilidad ambiental dichos indicadores tienen una base física, sin proceder a su valoración monetaria. El indicador de síntesis más conocido basado en esta última metodología es la llamada huella ecológica.

Estas dos metodologías son identificables con lo que hemos denominado, siguiendo a Eric Neumayer, los dos paradigmas de la sostenibilidad. El caso del ajuste de indicadores macroeconómicos sigue el enfoque de sostenibilidad débil, basado en el supuesto de sustituibilidad perfecta entre distintos tipos de capital. El enfoque de indicadores físicos se ubica en el paradigma de sostenibilidad fuerte, es decir, en el basado en el principio de no sustituibilidad entre tipos de capital.

En el resto de este capítulo partimos de esta diferencia entre sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte y su relación con los indicadores de economía sostenible (Neumayer, 2003 y Dietz y Neumayer, 2007). En el epígrafe siguiente planteamos los fundamentos básicos de los indicadores de sostenibilidad débil, analizando algunos ejemplos representativos. En el último epígrafe del capítulo se estudian los fundamentos de los indicadores de sostenibilidad fuerte, analizando también algún caso concreto de especial representatividad.

### **6.3. Indicadores de sostenibilidad débil**

La definición de sostenibilidad puede atender a dos criterios diferenciados, y dependiendo de la elección del criterio de referencia los efectos sobre la validez de los indicadores son importantes. Esos dos criterios, ya comentados más en profundidad, son los que responden a la diferencia entre sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte. La idea de sostenibilidad débil se basa en el reconocimiento de la posibilidad de sustituibilidad perfecta entre el capital medioambiental y el capital físico creado por el hombre. Bajo este prisma, es posible que se pueda compensar a las generaciones futuras por la degradación actual del medio ambiente recurriendo a la inversión productiva. Sin embargo, la noción de sostenibilidad fuerte es diferente, ya que no recoge tal posibilidad de compensación, de forma

que si el capital natural no es sustituible, la sostenibilidad debe definirse no en términos monetarios sino directamente en términos físicos, respondiendo a la idea de mantenimiento físico de las capacidades y atributos medioambientales.

Adoptamos, a continuación, la primera de esas perspectivas y nos basamos en el paradigma de sustituibilidad perfecta. La aplicación de este paradigma para la elaboración de indicadores se basa en adoptar como punto de partida los agregados macroeconómicos y realizar procesos de ajuste de los mismos que nos aproximen al concepto de sostenibilidad planteado como objetivo (en este caso, sostenibilidad débil).

En el epígrafe anterior hemos visto las principales críticas a la contabilidad nacional desde el punto de vista medioambiental. La ausencia de un mercado concreto para los bienes medioambientales, la no contabilización del capital natural y de su amortización y la inclusión de los gastos defensivos originados por la corrección de problemas medioambientales en los agregados de referencia son los principales problemas mencionados en ese sentido. Como dato significativo se puede mencionar que estos y otros problemas provocaron que en las últimas dos décadas los verdes alemanes hayan presentado interpelaciones en el Parlamento de su país en contra de la contabilidad nacional. No se puede considerar que estas interpelaciones hayan conseguido resultados reseñables, pero no cabe duda de que constituyen una buena muestra de las iniciativas que en el ámbito político se pueden adoptar en este sentido cuando se persigue un enfoque sostenible de la economía.

Actualmente hay unanimidad en el reconocimiento de que los agregados macroeconómicos presentan serios problemas cuando se pretende evaluar algo más que el crecimiento económico puro, sobre todo cuando se pretenden introducir consideraciones relacionadas con el medio ambiente. Lo mismo se puede decir con respecto a las variables de carácter social ya que debido a razones similares tampoco existe un indicador unánimemente aceptado para medir el bienestar social de los diferentes países. En ambos casos, sin embargo, tanto en el de la medición del desarrollo social como, sobre todo, en la incorporación de la calidad ambiental a los indicadores económicos, sí se pueden citar algunas aportaciones que ayudan a avanzar considerablemente en el intento de medición de la sostenibilidad.

Las argumentaciones en contra de la utilización de la contabilidad nacional como sistema de indicadores de sostenibilidad y, en particular, de la utilización del PIB, radican principalmente en dos argumentaciones independientes entre sí, pero claramente relacionadas, concernientes ambas al proceso de degradación ambiental. La contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales reducen directamente el bienestar de la población a través de la generación de problemas de calidad ambiental (con claros efectos sobre la salud pública y privada de los ciudadanos) y de la pérdida de oportunidades de disfrute estético o recreativo. Pero además reducen también la capacidad de la economía para producir bienestar futuro, al existir un desgaste excesivo de recursos, una pérdida de las capacidades

de absorción de emisiones contaminantes y un perjuicio a los servicios de soporte de la vida en el planeta. Razonablemente puede decirse que todos estos efectos reflejan un comportamiento en cierto modo perverso de la economía (o del actual modelo de crecimiento económico), pero ninguno de ellos, por las razones ya comentadas, se registran ni en el PIB ni en los indicadores de renta nacional.

Las críticas que tienen en cuenta la problemática ambiental en las medidas macroeconómicas del sistema de contabilidad nacional no son un mero debate académico. Aunque se puede argumentar que el PIB y otros indicadores similares son solamente herramientas de análisis, no es menos cierto que la elección de una herramienta equivocada, como puede ser el propio PIB bajo un enfoque de sostenibilidad, conduce a medir los resultados de una manera equivocada y puede provocar la adopción de políticas inadecuadas y dar lugar a juicios claramente errados sobre lo satisfactorias que son dichas políticas (Jacobs, 1996). De esta manera pueden justificarse los intentos de reforma de los métodos de cálculo de los agregados macroeconómicos, procurando que se incluyan los efectos de la degradación del medio ambiente.

En ese sentido, podemos citar como reformas o planteamientos alternativos para los indicadores macroeconómicos de mayor significación, los siguientes: En primer lugar, aquellos ajustes que parten de un indicador económico e incorporan en el mismo variables de tipo social y ambiental mediante procedimientos de estimación monetaria de las mismas. El indicador de referencia de este tipo probablemente es el *Measure of Economic Welfare* (MEW) desarrollado por William Nordhaus y James Tobin en 1972, y traducido al español normalmente como Bienestar económico neto (BEN). En segundo lugar, destacan los indicadores que tratan de elaborar un índice representativo de la sostenibilidad, introduciendo componentes de ese índice referidos a variables económicas, sociales y ambientales. El ejemplo más significativo es el *Index of Sustainable Economic Welfare* (ISEW), desarrollado por diferentes autores y aplicado a distintos países.

Tal y como ya se ha señalado anteriormente, utilizamos el PIB para medir la producción total de bienes y servicios de la economía, pero ese indicador no considera a ninguno de los bienes y servicios que no pasan por el mercado, de forma que una parte relevante de las actividades económicas se excluyen del cálculo del PIB. Las aportaciones de Kendrick (1979) en Estados Unidos fueron pioneras en el sentido de estimar las repercusiones de algunas importantes exclusiones del PIB, como el trabajo doméstico no remunerado, los servicios laborales no pagados, el trabajo voluntario y otras actividades económicas no incluidas en los agregados macroeconómicos. Todas esas actividades, aunque se realizan con finalidad económica, no se contabilizan al no implicar transacciones de mercado, llegando los trabajos de Kendrick a la conclusión de que si se incluyesen debidamente podrían elevar la producción incluso en porcentajes cercanos al 60 por ciento.

Cuando se trata de ir más allá y, además de considerar las transacciones no registradas se incluyen las deducciones en el PIB del valor de los productos nocivos

o molestos (los que originan gastos defensivos) y se suma el valor del ocio como aportación positiva al bienestar, el indicador resultante reflejaría de una forma más fiable el verdadero nivel de vida de un país. Con esta finalidad, a comienzos de los años setenta William Nordhaus y James Tobin estimaron el valor de un indicador que llamaron Measure of Economic Welfare (MEW), en el que trataban de ajustar los indicadores de producción (en este caso el PNB) deduciendo lo que antes hemos definido como males y sumando el valor de las actividades no realizadas a través del mercado y el valor del ocio. El título del trabajo al que nos estamos refiriendo es muy significativo, al plantear la posibilidad de revisar los métodos de medición del bienestar: *Is growth obsolete?* (Nordhaus y Tobin, 1972). Ambos autores llegan a la conclusión de que el PNB es un buen punto de partida, pero que es preciso realizar correcciones en el mismo para obtener un buen indicador de bienestar.

Para el año 1965, último que figura en la muestra que utilizan estos dos economistas, el PNB en Estados Unidos es de 617,8 miles de millones de dólares, mientras que el MEW estimado es de 1.241,1 miles de millones. Es decir, el MEW es, para ese año, aproximadamente el doble del PNB. Ahora bien, entre el primer año de la muestra, 1929, y el último, 1965, el PNB se multiplica por tres, mientras que el MEW sólo se multiplica por dos.

En la Tabla 6.1. figura un esquema del proceso de construcción del MEW de Nordhaus y Tobin y sus estimaciones para Estados Unidos (1929-1965). Puede observarse que el gran déficit de este indicador es que no recoge específicamente los problemas ambientales, que de hecho se tratan en el trabajo de los dos economistas como un caso singular de análisis sin realizar estimaciones monetarias al respecto.

Tabla 6.1. Measure of economic welfare (MEW).  
Procedimiento y estimaciones

Procedimiento de cálculo							
PNB							
- Consumo de capital							
= PNN							
- minoraciones por pérdidas de bienestar (desutilidades, otro consumo de capital, requerimientos de crecimiento)							
+ imputaciones por aumentos de bienestar (ocio, actividades de no mercado, servicios de capital público y privado)							
= MEW sostenible							
Estimaciones básicas (Estados Unidos): miles de millones de dólares a precios de 1958							
	1929	1935	1945	1947	1954	1958	1965
PNB	203,6	169,5	355,2	309,9	407,0	447,3	617,8
MEW	543,6	573,4	716,3	858,6	961,3	1.047,7	1.241,1

Fuente: Elaboración propia a partir de Nordhaus y Tobin (1972).

Así pues, las estimaciones del BEN (traducción al español del MEW) demuestran que su valor es mayor que el del PNB, pero que en conjunto crece a unas tasas más reducidas, lo que quiere decir que la producción de males, particularmente la contaminación ambiental, aumenta más rápidamente que la actividad económica y que el ocio no aumenta tan deprisa como la producción de bienes y servicios. Esta es la interpretación, que juzgamos razonable, realizada por Fisher, Dornbusch y Schmalensee (1993) a la hora de analizar los resultados de las estimaciones del BEN de Nordhaus y Tobin.

A pesar de no considerar de forma explícita los problemas ambientales y aunque esas estimaciones del BEN se hacen de una forma agregada probablemente no demasiado exacta, sirven para confirmar que es preciso realizar ajustes sobre los indicadores de producción si se pretende obtener un indicador macroeconómico de sostenibilidad. En ese sentido, este indicador marca un precedente importante para el análisis de indicadores orientados a medir la sostenibilidad de la economía.

La misma aportación inicial de Nordhaus y Tobin (1972), junto a las posteriores de Zolotas (1981) y Eisner (1990) pueden considerarse como el punto de partida para el cálculo del Índice de Bienestar Económico Sostenible, que se suele presentar mediante su acrónimo (en inglés) ISEW (*Index of Sustainable Economic Welfare*). Aunque depende de cada caso analítico concreto, a grandes rasgos el ISEW es el producto (o, en muchos casos, el consumo) real *per cápita* ajustado por variables de tipo medioambiental y social.

Esas variables de ajuste son, en muchos de los estudios desarrollados, la contaminación ambiental y el consumo de recursos naturales (sobre todo no renovables), como indicadores ambientales, y la equidad en la distribución de la renta, como variable de ajuste de carácter social. De esta manera, es posible obtener un indicador cuantitativo que represente el grado de sostenibilidad, aproximado mediante el concepto de bienestar económico sostenible de un país, mediante la realización de ajustes sobre variables macroeconómicas, utilizando índices representativos de las mismas. Así, por ejemplo, las emisiones de dióxido de carbono podría ser una variable a utilizar en los análisis empíricos como aproximación a la intensidad de la presión contaminante. Para medir las desigualdades de renta se suele utilizar el Índice de Gini, que sirve, en su rango comprendido entre 0 y 1, para ajustar y ponderar, según determinadas posibilidades estadísticas, el producto o el consumo en función de la equidad en términos de distribución de la renta entre la población.

Los estudios originales planteados a finales de la década de 1980 y comienzos de la de 1990 sobre el ISEW son los de Daly y Cobb (1989) y Cobb y Cobb (1994). Desde entonces se han desarrollado numerosos análisis para países como Estados Unidos, Gran Bretaña, Austria, Alemania, Italia, Suecia, Australia, Chile, Tailandia o Bélgica. Asimismo, existen numerosos *surveys* recientes sobre las características de este índice y propuestas de reforma para el mismo.

En la Tabla 6.2. figura un esquema del procedimiento tipo de construcción. Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental puede verse que el ISEW sí incluye variables específicas sobre valoración y pérdida de patrimonio ambiental. En este sentido, este indicador, y todos los de su tipología o familia, fundamentalmente el GPI, son bastante completos y valiosos como índices de economía sostenible (véase Dietz y Neumayer, 2007).

Tabla 6.2. Metodología básica de construcción del ISEW

Procedimiento de cálculo
Gastos de consumo personal – pérdidas por desigualdad de renta + valor del trabajo doméstico + gasto público no defensivo – gasto público defensivo – costes de degradación ambiental – pérdidas de capital natural + ajustes de capital = ISEW

Fuente: Jackson *et al.* (1997).

La complejidad técnica de la elaboración del ISEW hace que su aplicación se haya reducido al ámbito académico y a un conjunto reducido de países. En este sentido, realmente el único indicador de bienestar elaborado para todos los países del mundo (con muy pocas excepciones) es el denominado Índice de Desarrollo Humano (IDH) de Naciones Unidas. Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental este índice en sí mismo carece de utilidad, ya que no incorpora variables ambientales, pero sí es útil para combinarlo con otros indicadores de sostenibilidad fuerte, como la huella ecológica. Eso permite obtener información sobre la situación relativa de todos los países del mundo en los ámbitos socioeconómico y ambiental. A continuación se analizan las características básicas del IDH para plantear, posteriormente, su posible combinación con indicadores ambientales de sostenibilidad fuerte.

El IDH se elabora anualmente por el PNUD desde 1990 y se puede considerar como el único índice de bienestar social calculado de forma homogénea para la mayor parte de los países del mundo. Sus características básicas pueden verse en la nota técnica 1 del informe anual del PNUD sobre desarrollo humano (PNUD, de 1990 a 2009) y los datos obtenidos en el apéndice estadístico de cada uno de esos informes anuales. Una revisión crítica del índice puede verse en Sagar y Najam (1998).

El IDH es un indicador compuesto que mide el avance promedio de un país en función de tres dimensiones básicas del desarrollo humano: disponer de una

vida larga y saludable, tener acceso al conocimiento y disfrutar de un nivel de vida digno. Los indicadores que se utilizan como referencia, homogéneos para todos los países, son la esperanza de vida al nacer, la tasa de alfabetización de adultos, la tasa bruta de matriculación y el PIB *per cápita*. Estos indicadores conducen a la elaboración de tres subíndices cuya media aritmética es el IDH. Estas características se describen en la Figura 6.2.

Para cada uno de los componentes del IDH se pone en relación el valor de cada país con un rango compuesto por un valor máximo y otro mínimo, de acuerdo con la siguiente expresión (para un país X):

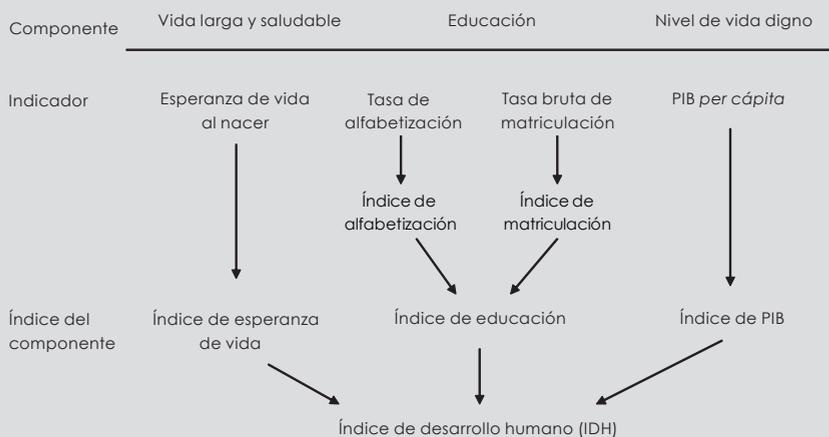
$$IDH(X_i) = \frac{(\text{valor actual de } X_i - \text{valor mínimo de } X_i)}{(\text{valor máximo de } X_i - \text{valor mínimo de } X_i)}$$

Cada uno de los tres subíndices está comprendido entre 0 y 1, al igual que el IDH, de forma que cuanto más se aproxime a la unidad mayor será el nivel de desarrollo humano del país.

Con posterioridad, en este mismo capítulo, al comentar los fundamentos básicos de la huella ecológica como indicador de sostenibilidad fuerte, recuperaremos el IDH y exploraremos sus posibilidades como indicador complementario de economía sostenible.

La misma orientación que la del BEN y la del ISEW, pero centrándose exclusivamente en el ámbito medioambiental, es la que ha llevado a considerar al Producto Nacional Neto ambientalmente ajustado como una posible alternativa

Figura 6.2. Procedimiento de cálculo del Índice de Desarrollo Humano (IDH).



Fuente: Informe sobre desarrollo humano 2007-2008 (PNUD).

para la medición del bienestar y como indicador de sostenibilidad ambiental. Este indicador, que expresa una valoración monetaria agregada concreta, consiste en deducir del PNB la depreciación del capital físico y del capital ambiental. Especialmente destacable en este ámbito son las aportaciones de El Serafy (1989 y 1991). Tal y como ya se ha señalado en un epígrafe anterior, el PNN o el PIN es el resultado de restar de los agregados en términos brutos la depreciación del capital físico, es decir, del capital construido o fabricado por el ser humano, mediante el concepto de amortización. Si adicionalmente se pudiese estimar el valor total del capital o patrimonio natural, se podría también calcular un porcentaje del mismo en concepto de amortización de los recursos naturales, que al restarse del PNN (o del PIN) nos permitiría obtener indicadores agregados ambientalmente ajustados.

El problema de los indicadores que se acaban de comentar, con la excepción del IDH, es su dificultad operativa, ya que existen dos complicaciones difíciles de solventar: a) la dificultad de valoración monetaria del patrimonio natural, y también del cálculo de sus posibles porcentajes de depreciación y b) los problemas que surgirían como consecuencia de la aparición de casos de irreversibilidad en los procesos de explotación o degradación de determinados recursos naturales. En efecto, cuando un problema ambiental genera un daño irreversible, los conceptos de depreciación o amortización no responden a la realidad, ya que no es posible reponer el recurso agotado o reparar el daño causado. En ese mismo sentido se podría interpretar que es imposible establecer ninguna tasa de amortización para los bienes naturales no renovables.

Otro problema adicional es el hecho de que los indicadores que se basan en un ajuste del producto tienen en cuenta la degradación ambiental pero solamente después de haber medido el PNB, el PIB o algún otro indicador de contabilidad nacional. Por lo tanto, se trata de indicadores que se ven afectados tanto por las variaciones en los agregados macroeconómicos como por los cambios en las condiciones ambientales, lo que está suponiendo la existencia de sustituibilidad perfecta entre los bienes y servicios estrictamente económicos y la calidad del medio ambiente. La consecuencia es clara y dificulta su utilización como indicador de sostenibilidad: es posible, por ejemplo, que el producto ambientalmente corregido esté subiendo y, al mismo tiempo, la calidad ambiental esté empeorando considerablemente. Obviamente aquí reside precisamente la catalogación de estos indicadores como medidas de sostenibilidad débil.

Este breve repaso que hemos realizado a las posibilidades de ajustar los indicadores de producción parece poner de manifiesto que las dificultades operativas y, en algún caso, metodológicas, están condenando en cierto modo al fracaso tal posibilidad de ajuste. Sin embargo, eso no quiere decir que no exista alternativa alguna de medición de la sostenibilidad, ya que en los últimos años se han puesto en práctica propuestas vinculadas a la posibilidad de crear cuentas satélite basadas en indicadores físicos de sostenibilidad como complemento de los indicadores macroeconómicos tradicionales. Esta perspectiva está basada en el paradigma de sostenibilidad fuerte.

## 6.4. Indicadores de sostenibilidad fuerte

La idea de que no es posible compensar las pérdidas de capital ambiental con inversión productiva, es decir, el paradigma de la no sustituibilidad definido por Neumayer, conduce a un procedimiento de diseño de indicadores de sostenibilidad diferente del comentado en el apartado anterior. Los indicadores de sostenibilidad fuerte prescinden de la valoración monetaria y adoptan como referencia la medición en términos físicos. De esta forma se obtiene un conjunto de indicadores que se utilizan como complemento de los económicos. En algún caso, esta perspectiva de análisis físico permite elaborar indicadores de síntesis, como es el caso fundamentalmente de la huella ecológica.

La utilidad de indicadores complementarios de sostenibilidad fuerte es indudable, tanto para la evaluación de las políticas ambientales como para la propia instrumentación de las políticas económicas, al poder desarrollarse modelos de optimización en los que los indicadores de sostenibilidad actúen como restricciones. En este epígrafe nos centramos en los fundamentos básicos de los indicadores de sostenibilidad fuerte, planteando algunos ejemplos representativos. En el capítulo séptimo se tratará su utilidad desde el punto de vista de la política económica en un entorno de restricciones de sostenibilidad.

El modelo general de referencia internacional para el diseño de indicadores de sostenibilidad fuerte es el llamado Modelo de presión-estado-respuesta desarrollado por la OCDE (OECD, 1994, 2003). Dicho modelo se conoce por su acrónimo (en inglés) PSR (*Pressure-State-Response*). El PSR es un modelo de análisis de las relaciones de la actividad humana con su entorno que pretende poner en evidencia las alteraciones de dicho entorno, su relación con las actividades de origen antrópico y la existencia y eficacia de las medidas adoptadas para contrarrestar, mitigar o evitar dichas alteraciones.

El PSR se basa en la idea de que las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio y cambian su calidad y la cantidad de los recursos naturales, mientras que la sociedad responde a estos cambios a través de políticas económicas y ambientales. Esto último crea una especie de círculo de relaciones causa-efecto con origen y destino en las actividades humanas generadoras de presión ambiental. En términos generales, estos pasos forman parte de un ciclo de política ambiental que incluye la percepción del problema, la formulación de políticas y el seguimiento y evaluación de las mismas (OECD, 1994, 2003).

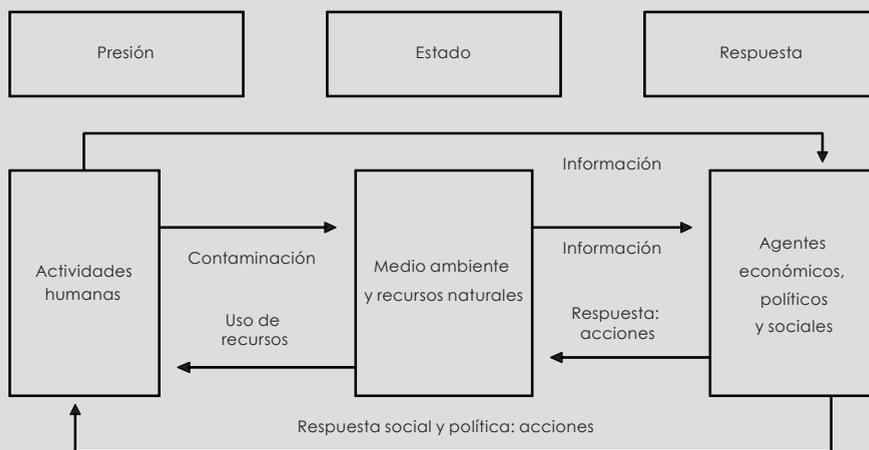
El modelo que estamos analizando plantea la conveniencia de desarrollar tres tipos de indicadores para abordar cada uno de los temas o áreas de sostenibilidad ambiental relevantes. Esos tres grupos de indicadores son: a) indicadores de presión, tanto directa como indirecta, representativos de la contaminación generada por las actividades humanas, b) indicadores de estado del medio

ambiente, descriptivos de la calidad del medio, incorporando la calidad de los recursos naturales, y c) indicadores de respuesta, representativos de los esfuerzos realizados en términos de políticas ambientales y de gestión de los recursos naturales. En la Figura 6.3 figuran los fundamentos básicos del modelo PSR que se acaban de comentar.

En algunos países pioneros en el terreno de los indicadores de sostenibilidad, y sobre una base como la que se acaba de exponer, se han desarrollado (en algunos casos ya desde finales de la década de 1980) sistemas de contabilidad medioambiental. Como ejemplos podemos mencionar los casos de Noruega, Francia o Canadá y, en general, la dirección que llevan las propuestas más relevantes en este sentido realizadas a nivel internacional desde la revisión en 1993 del sistema de cuentas nacionales de Naciones Unidas es la creación de sistemas de cuentas satélite en términos físicos. Se trata de un enfoque basado, tal y como ya se ha comentado, en la noción de sostenibilidad fuerte.

Si aceptamos como punto de partida la necesidad de establecer un sistema de indicadores físicos para la medición de la sostenibilidad, obtendremos un conjunto de indicadores que se deben expresar en las unidades de medida correspondientes para cada concepto. Sería el caso, por ejemplo, de partes por millón de contaminantes en el aire, de superficie deforestada y metros cúbicos de madera en el caso del problema de la explotación de zonas boscosas, de superficie quemada en el caso de los incendios forestales, cantidad de agua en metros cúbicos en acuíferos, emisiones

Figura 6.3. Modelo PSR (Presión-Estado-Respuesta) de la OCDE.



Fuente: Adaptado de OECD (2003).

de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno u otras sustancias contaminantes, producción de residuos domésticos e industriales, etc. En la medida en la que dichos indicadores muestren mejoras el comportamiento de la economía habrá mejorado desde el punto de vista de la sostenibilidad. En este contexto no es necesario ni tan siquiera aconsejable llevar a cabo ningún tipo de valoración monetaria, sino simplemente contar con un conjunto de indicadores físicos de la capacidad medioambiental para ver su evolución, mediante el registro de *stocks* y flujos.

Sobre esta idea, algunos países como Noruega o Francia, por citar a los dos ejemplos que podemos considerar pioneros en este sentido, han desarrollado sistemas de contabilidad medioambiental, que en la actualidad están siendo adoptados también en otros países avanzados. Esos procesos de contabilización, basados en las unidades físicas apropiadas para cada caso, registran, como se acaba de señalar, los *stocks* y flujos de diferentes variables medioambientales. En el caso noruego, por ejemplo, los recursos físicos están clasificados como recursos materiales (que pueden ser no renovables o renovables) y recursos medioambientales (entre los que se encuentran el agua, el aire o el suelo).

En el primer tipo de recursos, los materiales, las cuentas de *stock* muestran las reservas existentes en cada momento de tiempo y las cuentas de flujo las sustracciones y adiciones en dichos recursos, derivadas de la forma de uso de los materiales por los diferentes sectores económicos. En cuanto a los recursos medioambientales, las cuentas de *stock*, también llamadas de estado, muestran los niveles de contaminantes en diferentes medios, mientras que las de flujo, también denominadas de emisión, registran las diferentes descargas de residuos con efectos contaminantes. Estas cuentas se muestran sobre una base geográfica, siempre que se considere necesario y que sea factible. El sistema desarrollado en Francia es similar al descrito de Noruega, usando categorías de recursos muy similares, pero presenta una información mucho más compleja, sobre todo en lo que se refiere a los nexos o a las relaciones entre la evolución de los indicadores medioambientales y las diferentes actividades productivas (véase Jacobs, 1996).

Con ese sistema no se trata de llegar a ningún tipo de indicador sintético y único de la marcha de la economía que tenga en cuenta los aspectos ambientales, sino que se pretende alcanzar una variedad de estadísticas físicas, lo más amplia posible, que se supone que pueden complementar a los indicadores macroeconómicos tradicionales, aunque se expresen únicamente en unidades físicas, desechando la importancia de su valoración económica. Con un enfoque de este tipo se está actuando según los principios de la economía ecológica, que argumenta que no sólo es técnicamente complicado, sino que es prácticamente imposible asignar valores actualizados plausibles a todas las externalidades generadas por la explotación de recursos y la contaminación ambiental, sobre todo si se tiene en cuenta que muchas de esas externalidades son desconocidas, imprevisibles o, en algunos casos, irreversibles.

Bajo el enfoque de la economía ecológica se considera que los límites ambientales se establecen desde fuera de la propia economía, mediante procesos de decisión político-científicos, de forma que los economistas sólo pueden intervenir utilizando instrumentos de política económica medioambiental una vez que se han fijado tales límites u objetivos. En estas circunstancias se han desarrollado una serie de indicadores físicos de sustentabilidad de cierta complejidad técnica, que son los que en el plano teórico, desde el punto de vista de la economía sostenible, se consideran como los más adecuados a efectos de medición de la sostenibilidad.

Alguno de esos indicadores ejerce realmente una función de indicador sintético, aunque no puede ser utilizado por sí sólo, sino en compañía de otros indicadores. Este es el caso, fundamentalmente, del MIPS, acrónimo (en inglés) de insumos materiales por unidad de servicio (véase la aportación inicial de Schmit-Bleek, 1994), y el HANPP, acrónimo (en inglés) de apropiación humana de la producción primaria neta de biomasa (este concepto procede de Vitousek *et al.*, 1986). Destacan también en el mismo sentido indicadores como el EROI, siglas en inglés de *Energy Return on (Energy) Input* (puede verse la aportación seminal de Odum, 1971), o el concepto más extendido de huella ecológica, en el que nos detendremos un poco más adelante.

No consideramos que sea una tarea abordable en el actual apartado de este capítulo el planteamiento de un sistema de indicadores de la complejidad del que se utiliza en el ámbito de la economía ecológica. A nuestro entender resulta más operativo, sobre todo desde el punto de vista de las implicaciones de política económica, plantear una posición de síntesis entre la economía ecológica y la economía ambiental, en la que, con un enfoque más ecléctico, se pueda diseñar un cuadro de indicadores físicos que sirva de complemento a los principales indicadores macroeconómicos tradicionales. Consideramos también condición indispensable que ese cuadro de indicadores físicos o de cuentas satélite tenga utilidad desde el punto de vista de la política económica y, particularmente, para la utilización racional de los principales instrumentos económicos y de regulación de la política económica del medio ambiente.

Un sistema de indicadores físicos para la medición del desarrollo sostenible debe cumplir seis requisitos básicos para que se pueda considerar como válido. Tales requisitos son comunes no sólo a los indicadores ambientales sino a cualquier otro indicador estadístico que se pretenda utilizar para el análisis riguroso de situaciones concretas en cualquier ámbito y para la adopción de decisiones en materia de políticas públicas. Esos seis requisitos que deben cumplir los indicadores físicos son los siguientes, de acuerdo con las condiciones que establece para la validez de las cifras estadísticas la Oficina del Informe sobre desarrollo humano de Naciones Unidas (PNUD, varios años):

- Pertinentes desde el punto de vista normativo. Deben transmitir mensajes acerca de cuestiones sobre las que se pueda ejercer influencia directa o indirecta mediante la adopción de medidas normativas o de políticas públicas.

- Fiables. Deben permitir que numerosas personas y organismos, públicos y privados, puedan utilizar tales indicadores y puedan obtener resultados congruentes a partir de los mismos.
- Válidos. Deben basarse en criterios determinables y técnicamente adecuados para lograr el objetivo de medición para el que han sido diseñados.
- Capaces de medir de manera consecuyente a lo largo del tiempo. Esto es necesario si se pretende que los indicadores pongan de manifiesto si se están alcanzando los objetivos planteados o si se están registrando progresos.
- Susceptibles de desagregar. La desagregación territorial puede ser una cuestión importante en algunos casos para la adopción de medidas correctas en los ámbitos político y normativo.
- Concebidos para separar, siempre que resulte posible, al supervisor de lo supervisado. El sistema de indicadores debe permitir reducir al mínimo los conflictos de intereses que surgen cuando un agente supervisa sus propios resultados.

Desde un punto de vista práctico podríamos enumerar múltiples ejemplos de sistemas de indicadores físicos. Por un lado los indicadores ambientales utilizados por organismos internacionales, tales como Naciones Unidas, el Banco Mundial y, sobre todo, la OCDE. Por otro, los gobiernos nacionales de los países desarrollados cuentan también con sistemas de indicadores físicos que se podrían utilizar como ejemplo, elaborados bien por sus departamentos de medio ambiente o bien por sus oficinas de estadística. A modo de ejemplo en este apartado nos centramos en dos posibilidades diferenciadas suficientemente ilustrativas. En primer lugar, el ejemplo al respecto ofrecido por Anderson (1992) y en segundo lugar un cuadro sinóptico de indicadores ambientales de referencia de la OCDE, elaborados de acuerdo con el modelo PSR.

La propuesta de Anderson (1992) es elaborada para recoger en un sistema de indicadores físicos ambientales los siguientes problemas medioambientales identificables a escala planetaria:

- Deforestación tropical.
- Extinción de especies.
- Efecto invernadero.
- Desertificación.
- Crecimiento de la población.
- Riesgo ambiental a largo plazo.
- Intensificación del consumo de energía.

Anderson plantea, en realidad, un sistema de indicadores alternativos al PIB tanto desde el punto de vista social como medioambiental. Aquí recogemos únicamente las propuestas de *good indicator*, tal y como este autor lo denomina, referido a la introducción de variables ambientales en los sistemas de contabilidad

nacional. Teniendo esto en cuenta, el conjunto de indicadores medioambientales que se podría utilizar es el siguiente:

1. La deforestación medida en kilómetros cuadrados por año.
2. Las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la utilización de combustibles fósiles, en millones de toneladas métricas anuales.
3. La tasa de crecimiento anual de la población.
4. El número de centrales nucleares operativas.
5. El consumo de energía, en toneladas equivalentes de petróleo, por cada millón de dólares del PIB.
6. Adicionalmente, es necesario disponer de un catálogo completo de especies desaparecidas o en peligro de extinción y de las principales ratios de desertificación.

El segundo ejemplo que planteamos es el de la síntesis de indicadores ambientales de la OCDE (OECD, 2003, 2008). La estructura básica de la misma se basa en la selección de una serie de problemas ambientales básicos y la identificación de indicadores referidos a dichos problemas de acuerdo con el modelo PSR. La Figura 6.4 ofrece un resumen de este sistema de indicadores ambientales que planteamos aquí a modo de ejemplo de indicadores de sostenibilidad fuerte.

Los sistemas de indicadores ambientales físicos o cuentas ambientales satélite están destinados a disponer de un conjunto de información compuesto por numerosas

Figura 6.4. Estructura de la síntesis de indicadores ambientales de la OCDE.

	Presión	Estado	Respuesta
Principales problemas	Indicadores de presión ambiental	Indicadores de condiciones ambientales	Indicadores de respuesta social
1. Cambio climático			
2. Destrucción de la capa de ozono			
3. Eutroficación			
4. Acidificación			
5. Contaminación			
6. Calidad ambiental urbana			
7. Biodiversidad			
8. Patrimonio cultural			
9. Residuos			
10. Recursos hídricos			
11. Recursos forestales			
12. Recursos pesqueros			
13. Degradación del suelo			
14. Recursos materiales			
15. Indicadores socio económicos			

Fuente: Adaptado de OECD (2003, 2008).

variables ambientales. Un paso adelante en la elaboración de indicadores de sostenibilidad fuerte consiste en buscar un indicador de síntesis en términos físicos que pueda ser utilizado en combinación con otros indicadores socioeconómicos y que ofrezca información relevante sobre sostenibilidad ambiental por sí mismo.

Sin duda alguna, el intento de elaboración de un indicador compuesto de sostenibilidad ambiental de más éxito y difusión es la huella ecológica. Se trata de un indicador hoy en día ya muy conocido, elaborado para todos los países del mundo con una metodología homogénea y difundido por la Global Footprint Network ([www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org)).

El concepto de huella ecológica fue creado por Mathis Wackernagel y William Rees en la Universidad de British Columbia a comienzos de la década de 1990 (Wackernagel, 1991, 1994; Rees, 1992, 1996; Wackernagel y Rees, 1996 y Wackernagel *et al.*, 1999). Con este concepto se trata de continuar el debate sobre la capacidad de carga de la tierra y los límites al crecimiento surgido con el Informe Meadows y otras aportaciones, como el análisis de Earlich (1982).

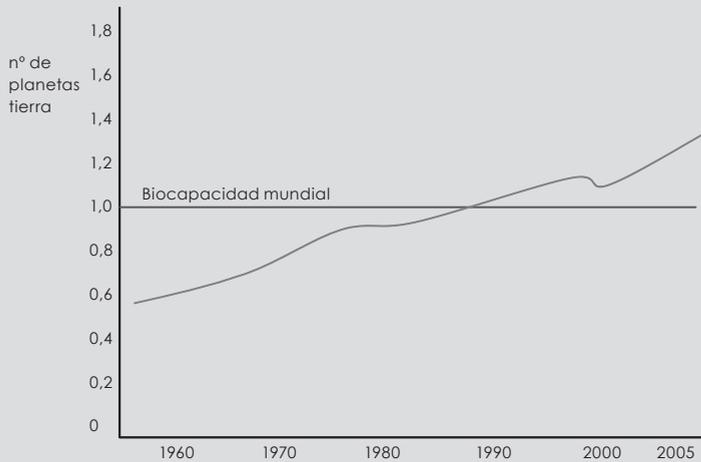
La huella ecológica mide el área de tierra y agua biológicamente productivas requerida para producir los recursos que consume un individuo, una población o una actividad y para absorber los residuos que estos grupos o actividades generan, dadas las condiciones tecnológicas y de manejo de recursos vigentes. La huella ecológica se expresa en hectáreas globales (Hag), que son hectáreas con la productividad biológica promedio a nivel mundial. Los cálculos realizados utilizan factores de rendimiento para recoger las diferencias nacionales en la productividad biológica y factores de equivalencia para recoger las diferencias en los promedios mundiales de productividad entre los diferentes tipos de destino de la tierra.

La Global Footprint Network calcula anualmente los resultados de la huella ecológica y la biocapacidad de los países, siendo posible acceder a los datos para cualquier país o continente, o para el conjunto del mundo en su Informe Planeta Vivo y en [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org).

El análisis de la huella ecológica se realiza comparándola con la biocapacidad mundial. Si la capacidad de carga de la tierra supera a la huella ecológica, existe sostenibilidad de las actividades socioeconómicas, mientras que si la biocapacidad mundial es inferior a la huella ecológica global existe déficit ecológico. Este análisis tiene múltiples aplicaciones, pudiendo realizarse para el conjunto del planeta, para zonas geográficas determinadas, para actividades productivas concretas o incluso para la actividad desarrollada por un individuo.

En la Figura 6.5 se recoge la evolución de la huella ecológica de la humanidad entre 1961 y 2005. Como se puede ver en dicha figura, desde finales de la década de 1980 existe un claro y creciente déficit ecológico a nivel planetario, reflejo de una situación de no-sostenibilidad al producirse una suma de consumo de recursos y generación de residuos superior en la actualidad aproximadamente en un 30 por cien a la biocapacidad mundial.

Figura 6.5. Huella ecológica de la humanidad (1961-2005).



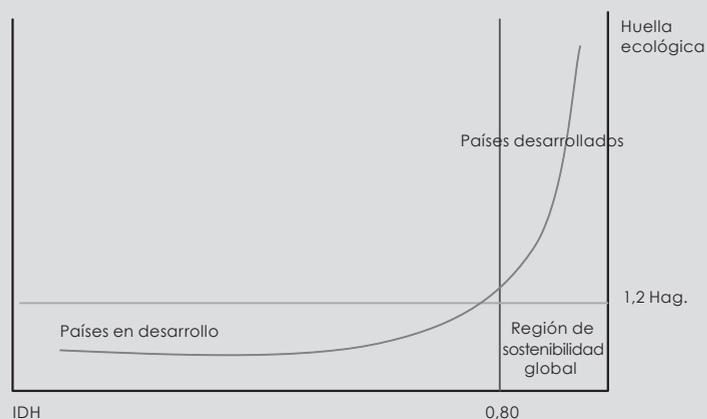
Fuente: Informe Planeta Vivo (2008).

Los dos únicos índices sintéticos de bienestar y sostenibilidad elaborados para el conjunto de países del mundo son el IDH y la huella ecológica. Moran *et al.* (2008) y Global Footprint Network (Informe Planeta Vivo, 2007) han propuesto su utilización conjunta para evaluar la situación de sostenibilidad socioeconómica y ambiental de cada país.

El IDH ofrece información sintética sobre el nivel de bienestar socioeconómico de los países. En este sentido, el PNUD considera que un país tiene un nivel de desarrollo humano alto cuando su IDH es igual o superior a 0,80. La huella ecológica ofrece información sintética sobre el nivel de sostenibilidad ambiental de los países. La biocapacidad mundial está situada actualmente en 1,2 Hag por habitante, de manera que un país estará contribuyendo a la sostenibilidad ambiental global en la medida en la que su huella ecológica sea inferior a 1,2 Hag. A partir de estas ideas se puede realizar una representación gráfica como la contenida en la Figura 6.6, en la que se representan conjuntamente el IDH y la huella ecológica.

El análisis simultáneo de los datos de IDH y huella ecológica de todos los países del mundo pone de manifiesto que aquellos países con IDH alto tienen una huella ecológica también elevada, mientras que los países con huella ecológica más baja son los países con menor IDH. Con respecto a este análisis conjunto de indicadores sintéticos es preciso señalar que en el dato de huella ecológica se está estableciendo

Figura 6.6. Análisis conjunto de Índice de desarrollo humano y huella ecológica.



Fuente: Adaptado del Informe Planeta Vivo (2007).

una comparación entre el valor individual de cada país con la capacidad de carga media mundial, procedimiento correcto sólo cuando se pretende medir la contribución del país a la sostenibilidad global. Para el análisis individual de cada país sería precisa una comparación de la huella ecológica del mismo con su biocapacidad, tarea pendiente en la literatura sobre sostenibilidad ambiental.

# Capítulo 7

## La política económica con restricciones de sostenibilidad

### 7.1. Introducción

El economista norteamericano Robert Solow planteó en su conocida aportación *Sustainability: an economist's perspective* (1993) [1991] que la sostenibilidad ambiental no es un objetivo en sí mismo sino que representa una obligación con las generaciones futuras. En este mismo sentido, Siebert (2005) señala que la sostenibilidad juega esencialmente un papel de restricción al crecimiento económico. Con esas referencias de partida, en capítulos anteriores se han desarrollado diversos modelos y planteamientos teóricos en los que la sostenibilidad desempeña ese papel de restricción. Nos falta ahora por examinar la medida en la que la sostenibilidad ambiental representa una restricción para la instrumentación de la política económica.

La política económica se podría definir, siguiendo los planteamientos originales de Jan Tinbergen, como la utilización de una serie de medios o instrumentos por parte de las autoridades económicas para alcanzar una serie de fines u objetivos especificados. Esta definición se adapta especialmente a las denominadas políticas macroeconómicas. En nuestro caso nos referiremos, exclusivamente, a las políticas monetaria y fiscal. Los objetivos de estas dos políticas macroeconómicas, consideradas conjuntamente, son los integrantes de lo que podemos denominar el cuadrado mágico de la política económica: crecimiento económico, pleno empleo, estabilidad de precios y equilibrio exterior. Para alcanzar dichos objetivos los instrumentos utilizados son los presupuestarios (gasto público e impuestos) en el caso de la política fiscal, y los monetarios (oferta de dinero y tipo de interés) en el de la política monetaria.

El análisis de las políticas macroeconómicas se realiza normalmente sin tener en cuenta la existencia de restricciones de sostenibilidad. Así, el marco analítico de referencia puede ser el modelo IS-LM, en el que se pueden ver las consecuencias sobre renta y tipos de interés de distintas orientaciones de las políticas monetaria y fiscal. Por otro lado, el análisis teórico de la política económica se puede desarrollar mediante los denominados modelos de decisión, originales de economistas como Jan Tinbergen, Ragnar Frisch y Henri Theil, cuya finalidad es plantear una base técnico-matemática al proceso de adopción de decisiones de las autoridades económicas. Algunos de estos modelos, en particular los desarrollados bajo el enfoque de optimización matemática, permiten introducir restricciones en sus procesos de resolución.

Un desarrollo concreto de la política económica es la política económica ambiental, cuya finalidad es plantear las principales derivaciones normativas de la economía ambiental. En general, se trata de un enfoque microeconómico centrado en el estudio del tratamiento de las externalidades ambientales, pero sus conclusiones pueden ser interpretadas desde una óptica macroeconómica precisamente por medio de esa idea de restricción ambiental.

Todos estos elementos se recogen en este capítulo, cuyo objeto es el análisis de la política económica en un contexto de restricciones ambientales. Este análisis se realiza por medio de tres planteamientos teóricos. En primer lugar se estudian las políticas macroeconómicas con restricciones de sostenibilidad ambiental recurriendo al modelo IS-LM-EE. El mismo modelo nos permite plantear los efectos de la política económica ambiental, con gran incidencia sobre la propia restricción ambiental en dicho modelo (representada por la recta EE). Finalmente, se analizan las posibilidades de introducir restricciones ambientales en los modelos de decisión, con especial atención a los modelos de optimización. Este último punto permite ver la importancia de los indicadores de sostenibilidad para la elaboración de la política económica con restricciones ambientales.

## 7.2. Políticas macroeconómicas y sostenibilidad

La política fiscal y la política monetaria son las principales políticas macroeconómicas. El marco analítico más utilizado para evaluar sus efectos sobre el equilibrio macroeconómico es, como se ha estudiado en un capítulo anterior, el modelo IS-LM. Cuando introducimos una restricción ambiental en dicho marco analítico se obtiene el modelo IS-LM-EE para una economía cerrada, cuyas características básicas se han analizado en el capítulo dedicado a macroeconomía y sostenibilidad.

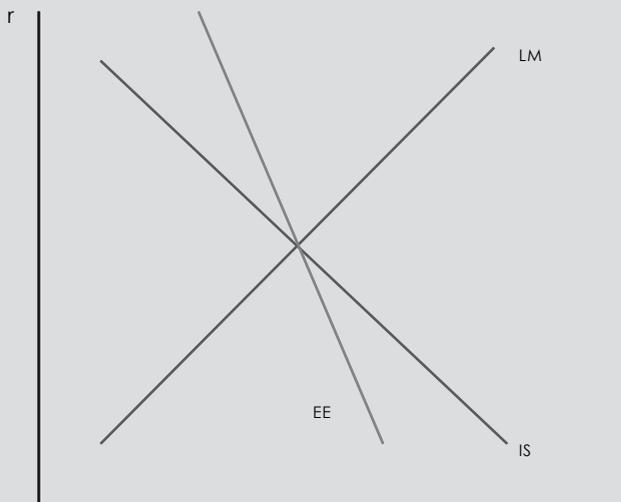
El modelo IS-LM-EE, representado en la Figura 7.1 permite evaluar, desde un punto de vista de estática comparativa, los efectos de las políticas monetaria y fiscal sobre el equilibrio general macroeconómico con restricciones ambientales y los

procesos de coordinación de las políticas macroeconómicas orientados a alcanzar o mantener el equilibrio ambiental. Este apartado de nuestro trabajo se dedica a analizar esos aspectos, siguiendo el planteamiento original de Heyes (2000), sobre el que Sim (2006) añadió la posibilidad de existencia de ajustes automáticos hacia el equilibrio. Algunas de las aportaciones de Lawn (2003a y 2003b) sobre el modelo original de Heyes las introducimos en el epígrafe siguiente, ya que hacen referencia esencialmente a las modificaciones en la restricción EE más que a los efectos de las políticas macroeconómicas.

El análisis de las políticas fiscal y monetaria y de su proceso de coordinación lo basamos inicialmente en el supuesto de que la curva IS es más elástica en todos sus puntos que la curva EE, supuesto básico de Heyes, mantenido por Lawn y Sim, tal y como se representa en la Figura 7.1. Sobre este supuesto partimos de la instrumentación de políticas macroeconómicas de orientación expansiva, para analizar sus efectos sobre el equilibrio del modelo y los mecanismos de coordinación entre las políticas fiscal y monetaria y, posteriormente, realizamos el mismo análisis para el caso de las políticas macroeconómicas de orientación restrictiva.

Las políticas macroeconómicas expansivas tienen como objetivo fundamental la reactivación del crecimiento económico. En un contexto teórico de corte keynesiano, mediante las políticas macroeconómicas expansivas (en el caso keynesiano puro, mediante la política fiscal) se pretende conseguir un mayor nivel de renta para

Figura 7.1. Modelo básico IS-LM-EE.



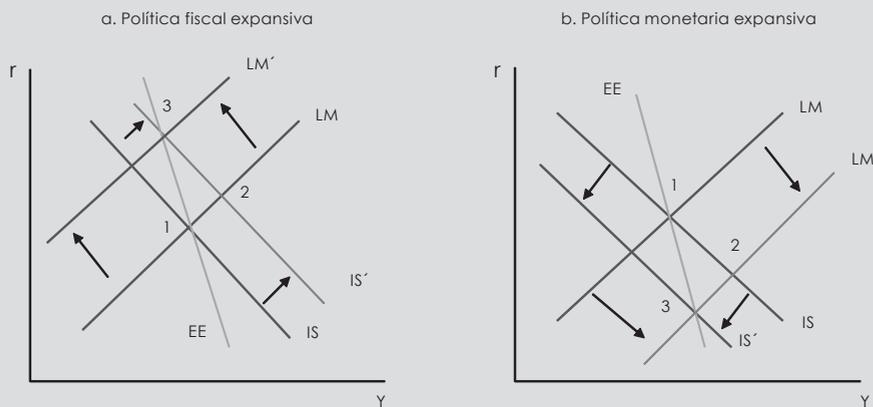
Fuente: Heyes (2000).

así poder generar empleo. La expansión de la actividad económica se conseguiría mediante la utilización de instrumentos que inciden directamente sobre la demanda agregada, en este caso generando una reactivación de la misma. La contrapartida de estas políticas expansivas consistiría en aceptar una mayor inflación, ya que el aumento de la demanda agregada provocaría que en el nuevo equilibrio el nivel de precios fuese mayor que el del equilibrio inicial.

Los efectos de una política fiscal expansiva sobre el equilibrio macroeconómico con restricciones ambientales pueden verse en la primera parte de la Figura 7.2. La política fiscal expansiva del gobierno provoca inicialmente un desplazamiento desde el punto de equilibrio inicial 1 hasta el punto 2, que representa una situación de equilibrio en los mercados de bienes y de dinero, pero con desequilibrio ambiental, en concreto con una situación en la que, siguiendo la terminología utilizada en el capítulo dedicado al modelo IS-LM-EE, se produce que  $e(r, \lambda) \cdot Y > s \cdot E$ . Esto significa que la intensidad ambiental del crecimiento supone un consumo de medio ambiente superior a su capacidad de regeneración.

En estas circunstancias es necesario un proceso de ajuste monetario, mediante una política monetaria restrictiva, que restaure el equilibrio ambiental inicial. El punto de equilibrio final es 3, situación en la que el contexto económico es, en comparación con el equilibrio inicial, de menor crecimiento (menor renta) con tipos de interés más elevados. Una política fiscal expansiva es inefectiva en un contexto de restricciones ambientales, ya que precisa de un ajuste monetario restrictivo que conduce a la economía hacia menores niveles de renta y mayores tipos de interés.

Figura 7.2. Efectos de las políticas macroeconómicas expansivas.



Fuente: Elaboración propia a partir de Heyes (2000).

El análisis en este contexto de la política monetaria se realiza de forma similar, pero las conclusiones que se obtienen son diferentes. Los efectos de una política monetaria expansiva sobre el equilibrio del modelo IS-LM-EE pueden verse en la Figura 7.2b. Una política monetaria expansiva genera, en primera instancia, un desplazamiento del equilibrio del modelo desde el punto 1 hasta el punto 2. En esa situación, al igual que en el caso anterior, existe equilibrio macroeconómico en los mercados de bienes y de dinero, pero disequilibrio ambiental, con una desigualdad  $e(r, \lambda) \cdot Y > s \cdot E$ . Esta desigualdad implica que no se está respetando, en el equilibrio que representa el punto 2, la restricción ambiental que impone la recta EE.

Es preciso entonces un ajuste fiscal restrictivo hasta alcanzar el punto 3, en el que se restaura el equilibrio ambiental con un nivel de renta mayor que el inicial y unos tipos de interés inferiores a los de partida. Como consecuencia de lo anterior, una política monetaria expansiva es efectiva en un contexto de restricciones ambientales, ya que el ajuste fiscal que se precisa para restaurar el equilibrio ambiental permite que el resultado final sea de un equilibrio en el modelo con mayor nivel de renta y tipos de interés más reducidos que los iniciales.

Un análisis tan simple como el que se acaba de realizar nos permite obtener una serie de conclusiones muy relevantes desde la perspectiva de las políticas macroeconómicas. En un contexto de crisis, en el que teóricamente se precisan políticas expansivas, si se trata de establecer un mecanismo de coordinación de políticas macroeconómicas que permitan cumplir con las restricciones de sostenibilidad ambiental, la política monetaria es efectiva mientras que la política fiscal es inefectiva.

En efecto, una política monetaria expansiva compensada con una política fiscal restrictiva permite alcanzar una situación de mayor renta respetando la restricción ambiental. Esto se debe al hecho de que las políticas monetarias expansivas tienen como consecuencia una disminución de los tipos de interés, aspecto que, como se ha explicado al plantear los fundamentos de la recta EE, permite mantener el equilibrio ambiental con mayores niveles de renta. Por el contrario, una política fiscal expansiva tiene que ser compensada con una política monetaria restrictiva que, necesariamente, dada la forma de la restricción EE, conduce a un equilibrio final con mayores tipos de interés y, en consecuencia, menor renta ambientalmente sostenible.

El análisis de las políticas macroeconómicas restrictivas se puede realizar siguiendo un procedimiento similar al anterior. Las políticas fiscal y monetaria de orientación restrictiva tienen como objetivo básico la estabilidad de precios, es decir, la reducción de las tasas de inflación. Con ese objetivo se pueden utilizar medidas como la reducción del gasto público o el aumento de los impuestos, en el caso de la política fiscal, y el aumento de los tipos de interés en el caso de la política monetaria. Como contrapartida al proceso de desinflación deben aceptarse, a corto

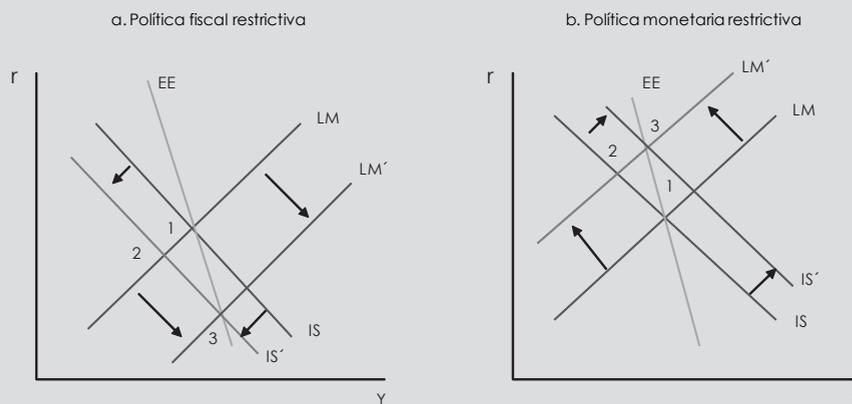
plazo y en un análisis de estática comparativa, unos menores niveles de renta y empleo. Los efectos de las políticas macroeconómicas restrictivas en un contexto de restricciones ambientales pueden verse en la Figura 7.3.

La instrumentación de una política fiscal restrictiva a partir de un equilibrio inicial representado por el punto 1 de la Figura 7.3a conduce a un nuevo equilibrio IS-LM representado por el punto 2. La restricción de sostenibilidad ambiental permite un mayor nivel de renta que el del equilibrio 2, siendo posible la instrumentación de una política monetaria expansiva hasta alcanzar el nuevo equilibrio macroeconómico y ambiental representado por el punto 3. En dicho punto, el nivel de renta es mayor que el inicial y el tipo de interés inferior al de partida. Esto significa que una política fiscal restrictiva compensada con una política monetaria expansiva permite mantener el equilibrio ambiental con un aumento en los niveles de renta, pero no debemos olvidar que un mayor nivel de renta que el inicial impedirá el cumplimiento del objetivo macroeconómico de desinflación.

El análisis de los efectos de la política monetaria restrictiva conduce a conclusiones opuestas. La instrumentación de una política monetaria de corte contractivo conduce a un equilibrio IS-LM con menores niveles de renta y mayores tipos de interés. La compensación mediante una política fiscal expansiva que conduzca de nuevo al equilibrio general supone un equilibrio final con menor renta y tipos de interés más altos que los del punto de equilibrio inicial.

Este estudio teórico de los efectos de las políticas macroeconómicas restrictivas se debe realizar diferenciando el objetivo inicial de la política económica, que es la desinflación, de los mecanismos de ajuste para mantener el equilibrio

Figura 7.3. Efectos de las políticas macroeconómicas restrictivas.



Fuente: Elaboración propia a partir de Heyes (2000).

ambiental sin costes de oportunidad en términos de renta, que representa en este caso una restricción al posibilitar, en determinados casos, un aumento del nivel de producción.

Una política fiscal restrictiva conduce a una situación de desinflación siempre que no se compense con una política monetaria expansiva. Eso supone que, al menos transitoriamente, debería aceptarse un equilibrio macroeconómico en el punto 2, aún siendo factible mayor actividad desde el punto de vista de la neutralidad ambiental. Una política monetaria restrictiva sí puede permitir compatibilizar un cierto nivel de desinflación aún siendo compensada con una política fiscal expansiva (que alcance la situación de neutralidad ambiental). En todo caso es necesario el estudio más detallado de la combinación de políticas (y más en concreto, de la intensidad de las mismas) orientada al cumplimiento del objetivo inicial y de la restricción, ya que en muchas ocasiones está claro que se puede entrar en una clara situación de conflicto entre objetivo y restricción, sobre todo en procesos de desinflación afrontados con políticas fiscales restrictivas.

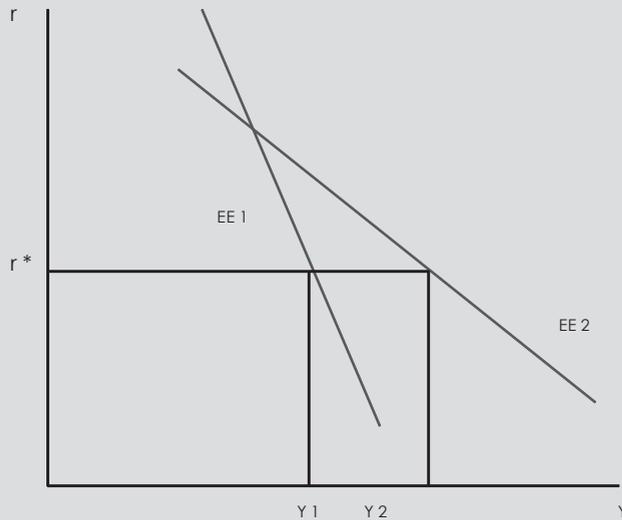
### 7.3. Política ambiental

Una vez analizados los efectos de las políticas macroeconómicas en el contexto del modelo IS-LM-EE, continuando con el mismo marco analítico de referencia es posible contemplar en el modelo las consecuencias derivadas de cambios en la recta EE, es decir, de modificaciones en la restricción ambiental. En este sentido es necesario referirse a dos tipos de alteraciones de la EE: una modificación de su pendiente y un desplazamiento de la recta. En ambos casos es posible identificar dichas alteraciones con medidas de política ambiental.

La pendiente de la recta EE desempeña un papel muy relevante en el análisis del modelo IS-LM-EE. Tal y como ya se ha comentado, las pendientes relativas de la IS y la EE determinan las consecuencias de la política fiscal en un entorno de restricciones de sostenibilidad. En la Figura 7.4 pueden verse dos representaciones alternativas de la EE, con pendientes diferentes. La EE 1 tiene una pendiente más pronunciada que la EE 2, pero, como se puede ver, en ningún momento se abandona el supuesto básico de pendiente negativa de la recta EE. Para un tipo de interés de referencia, por ejemplo  $r^*$  en la Figura 7.4, el nivel de renta que permite mantener la neutralidad ambiental es mayor en el caso de la EE 2, de menor pendiente que la EE 1.

Si tenemos en cuenta los fundamentos básicos de la recta EE, expuestos en el capítulo dedicado al estudio del modelo IS-LM-EE, una menor pendiente de la recta EE implica que ante un descenso de los tipos de interés se produce una sustitución más intensa de capital ambiental por capital físico en los procesos productivos. Esto será posible siempre que existan políticas ambientales orientadas a dicho fin, políticas que serán esencialmente de carácter microeconómico basadas en el establecimiento de incentivos a la inversión en tecnologías anticontaminantes.

Figura 7.4. Pendiente de la recta EE.

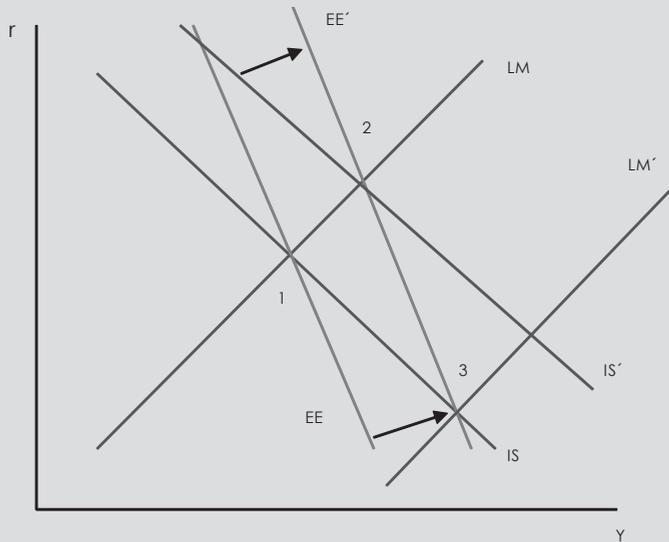


Fuente: Elaboración propia.

Los planteamientos de Lawn sobre el modelo original de Heyes introducen una serie de supuestos en los que se producen desplazamientos de la recta EE. El principal de estos supuestos (aunque no el único) es el progreso tecnológico, que desplaza la EE hacia la derecha, posibilitando la existencia de equilibrio ambiental con mayor crecimiento económico. En este apartado de nuestro trabajo introducimos dos supuestos adicionales con efectos sobre la curva EE y sobre el equilibrio del modelo. En primer lugar, la definición de carácter institucional o política de un contexto de mayores restricciones ambientales y en segundo lugar los efectos de una política ambiental exitosa.

El progreso tecnológico puede representarse en el modelo IS-LM-EE por medio de un desplazamiento hacia la derecha de la recta EE. Eso supone un aumento de las posibilidades de crecimiento económico manteniendo la neutralidad ambiental. En la Figura 7.5 pueden verse las consecuencias sobre el equilibrio del modelo de un desplazamiento de la EE del tipo que se acaba de señalar. El hecho de que la restricción ambiental se pueda cumplir con mayores niveles de renta posibilita que las autoridades económicas puedan instrumentar políticas macroeconómicas expansivas para alcanzar un nuevo equilibrio del modelo con un nivel de renta superior al inicial.

Figura 7.5. Efectos del progreso tecnológico.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7.5 se observa que el equilibrio final se produce con un mayor nivel de renta en el punto 3, que representa el caso en el que se cumple la nueva restricción ambiental con una política monetaria expansiva. En el caso de utilizar la política fiscal el equilibrio final sería el representado por el punto 2, con un nivel de renta mayor que el inicial, pero inferior al representado por el equilibrio 3. Esto se debe al efecto del tipo de interés, ya que la política monetaria expansiva implica un tipo de interés inferior al de partida, mientras que la política fiscal conduce a un tipo de interés superior al del equilibrio 1. Con los tipos de interés más reducidos las posibilidades de aprovechamiento del progreso tecnológico son mayores, produciéndose una sustitución en mayor medida de capital ambiental por capital físico en la función de producción agregada y generándose un mayor nivel de renta sostenible.

La definición institucional o política de un nivel de restricción ambiental más exigente tiene claras implicaciones sobre el equilibrio del modelo y sobre los procesos de coordinación de las políticas macroeconómicas. Este podría ser el caso, por ejemplo, de los objetivos fijados para los países desarrollados por el Protocolo de Kyoto, que establecen un nuevo contexto internacional de mayores restricciones ambientales, a las que las políticas macroeconómicas tienen que responder asumiendo,

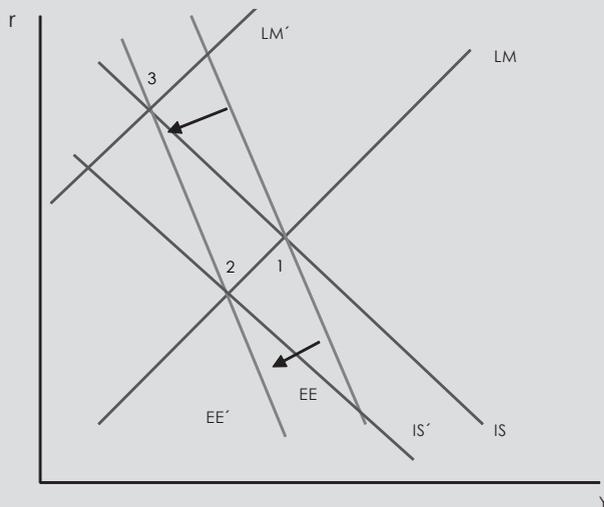
probablemente, un coste en términos de crecimiento económico. Los efectos de una situación asimilable a estas características pueden verse en la Figura 7.6.

La definición de un contexto de mayores restricciones ambientales puede representarse por un desplazamiento hacia la izquierda de la curva EE. El punto de equilibrio pasa de 1 hasta 2 ó 3, dependiendo de la política macroeconómica que se utilice como política de ajuste para alcanzar las nuevas exigencias ambientales. Si el ajuste es fiscal, se necesitaría una política fiscal restrictiva que situaría el equilibrio del modelo en el punto 2. Si el ajuste es de carácter monetario, se precisaría una política monetaria restrictiva que situaría el equilibrio final en el punto 3.

En ambas situaciones puede verse que las mayores restricciones ambientales generan costes en términos de renta, mucho mayores en el caso del ajuste monetario que en el caso del ajuste fiscal. Los tipos de interés evolucionarán al alza si se utiliza la política monetaria para alcanzar el nuevo equilibrio y a la baja si se utiliza el ajuste fiscal. Así pues, ante la definición institucional o política de criterios más restrictivos de sostenibilidad ambiental, la política macroeconómica de ajuste con menos costes es la política fiscal, que genera un menor crecimiento con tipos de interés más bajos, frente al ajuste monetario, que tiene como consecuencia una mayor caída en los niveles de renta y tipos de interés más elevados.

La aplicación de una política ambiental exitosa tiene también consecuencias relevantes sobre el equilibrio del modelo y sobre el proceso de ajuste y coordinación

Figura 7.6. Efectos de un endurecimiento de la restricción ambiental.



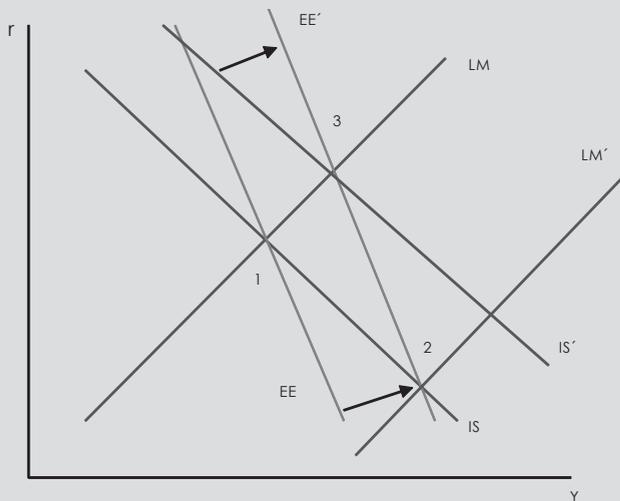
Fuente: Elaboración propia.

de las políticas macroeconómicas. Una política ambiental exitosa se puede representar por un desplazamiento hacia la derecha de la curva EE, con efectos similares a los del progreso tecnológico planteados por Lawn. Las consecuencias en términos de equilibrio del modelo pueden verse en la Figura 7.7.

El desplazamiento de la curva EE hace que el punto de equilibrio pase de 1 a 2 ó a 3, dependiendo de los ajustes en las políticas macroeconómicas que se introduzcan. Si se utiliza la política fiscal, habrá margen para la instrumentación de una política fiscal expansiva que sitúe el punto de equilibrio final en 3, con mayores posibilidades de crecimiento y tipos de interés más elevados. Si, por el contrario, se opta por la política monetaria, habrá un margen de expansión monetaria hasta situar el equilibrio del modelo en 2, con mayores niveles de renta que en el caso de la utilización de la política fiscal y menores tipos de interés que los que existían inicialmente.

En consecuencia, ante una política ambiental exitosa, existen márgenes de actuación de carácter expansivo para las políticas macroeconómicas, manteniendo el equilibrio ambiental. Los resultados más efectivos serán los de la política monetaria expansiva, que genera mayores posibilidades de crecimiento con disminución de tipos de interés, frente a una política fiscal expansiva cuyas consecuencias serán un mayor margen para el crecimiento económico (en todo caso más reducido que el de la política monetaria) con tipos de interés más elevados.

Figura 7.7. Efectos de una política ambiental exitosa.



Fuente: Elaboración propia.

## 7.4. Modelos de política económica y restricciones de sostenibilidad

La denominada teoría de la política económica estudia los procesos de decisión de las autoridades económicas con un enfoque científico-técnico. Desde esa perspectiva analítica se pueden plantear dos posibilidades diferenciadas, la teoría normativa y la teoría positiva de la política económica (Acocella, 1998 [1994]). La teoría normativa tiene como finalidad el diseño de modelos orientados a la adopción de decisiones de las autoridades económicas. La teoría positiva, con un enfoque metodológico diferente, pretende modelizar el comportamiento real de las autoridades, sin una pretensión explícita de ayudar a la adopción de decisiones.

En este apartado restringimos el análisis al caso concreto de la teoría normativa de la política económica, ya que nuestro objetivo concreto se refiere a la adopción de decisiones de las autoridades en un contexto de restricciones ambientales. Aunque no son el mismo planteamiento, desde una perspectiva introductoria podemos identificar la teoría normativa con la denominada política económica cuantitativa, enfoque caracterizado por la utilización de modelos matemáticos de decisión.

Siguiendo a Fox, Sengupta y Thorbecke (1979), el análisis cuantitativo de la política económica puede dividirse en tres partes relacionadas: (1). La caracterización del problema de política económica, con la especificación de la función de preferencia, el modelo cuantitativo y las restricciones o condiciones límite; (2). El problema de la selección, con la clasificación de las variables en función de sus propiedades, tales como la aleatoriedad, la posibilidad de control directo o indirecto y su dependencia temporal; y (3). El problema de dirección, consistente en la obtención de normas de decisión óptimas en sentido estático y dinámico, con la flexibilidad necesaria bajo condiciones cambiantes asociadas con el riesgo, la incertidumbre o con nueva información.

Como se puede comprobar en la descripción que se acaba de realizar, la política económica cuantitativa dispone de una serie de características que permiten diseñar y resolver problemas de política económica con restricciones ambientales. A continuación profundizamos un poco más en este marco analítico cuyas referencias seminales son Tinbergen (1952, 1954, 1956), Frisch (1955) y Theil (1961).

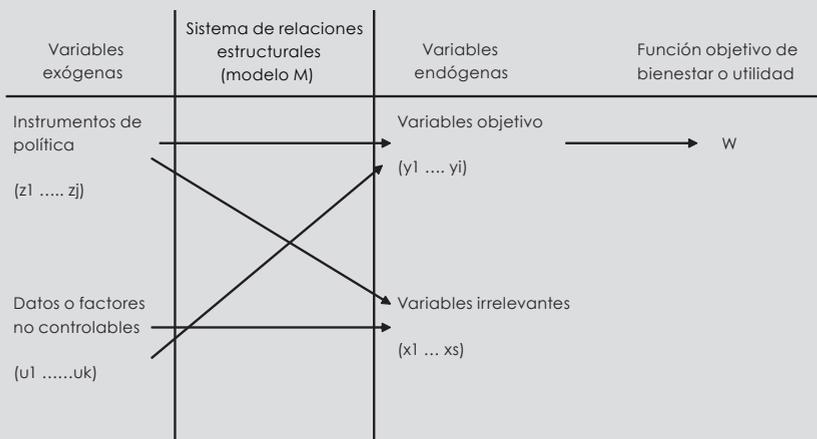
Este enfoque teórico de la política económica parte de una serie de supuestos restrictivos. Fundamentalmente esos supuestos se refieren a condiciones como la racionalidad económica en la adopción de decisiones de las autoridades, el conocimiento perfecto del modelo representativo del funcionamiento de la economía, el entorno de certidumbre y el comportamiento predecible de los agentes económicos. En cierto modo son supuestos ya superados por los enfoques modernos, pero la utilización de la política económica cuantitativa sigue siendo habitual, aun partiendo de supuestos de partida tan restrictivos.

El elemento central que unifica las aportaciones de Tinbergen, Frisch y Theil, así como las de otros autores posteriores (por ejemplo los mencionados Fox, Sengupta y Thorbecke) es la utilización de modelos como base para los procesos de decisión de la política económica. Estos modelos son los llamados modelos de decisión o modelos de política económica cuantitativa.

Entendemos por modelo económico una representación simplificada del funcionamiento de una economía. Dicha representación debe estar plasmada en términos matemáticos y diseñada de acuerdo con la teoría económica. Cuando su finalidad es exclusivamente la descripción de las características estructurales de una economía se denominan modelos descriptivos, cuando se utilizan para realizar previsiones económicas son modelos de previsión y cuando la finalidad es su utilización en el proceso de decisión de la política económica la denominación de los modelos es la de modelos de decisión. Nos centramos específicamente en este último caso.

En la Figura 7.8 pueden verse las características básicas de un modelo de política económica de acuerdo con los planteamientos originales de Tinbergen y Theil. En dicho esquema figuran los componentes básicos de un modelo: las variables, endógenas (divididas en variables objetivo y variables irrelevantes) y exógenas (divididas en instrumentos de política y factores no controlables), el sistema de relaciones estructurales que permiten concretar todas las variables (el modelo propiamente dicho) y la función objetivo de bienestar o utilidad.

Figura 7.8. Modelos de política económica.



Fuente: Adaptado de Fox, Sengupta y Thorbecke (1979).

Eliminado el vector de variables irrelevantes de la Figura 7.8 un modelo básico de política económica puede especificarse de forma muy simple en términos de tres sistemas de ecuaciones que definen un modelo de optimización matemática con restricciones:

$$\text{Optimizar } W = a'y + b'z \text{ (función de preferencia)}$$

bajo las condiciones

$$A y = B z + C u \text{ (el modelo } M), \text{ y}$$

$$y \text{ mín} \leq y \leq y \text{ máx}$$

$$z \text{ mín} \leq z \leq z \text{ máx}$$

que son las condiciones límite o restricciones del problema de optimización.

No es objetivo de este capítulo plantear el procedimiento de resolución de un problema de optimización de este tipo, que se puede consultar en lecturas más avanzadas de teoría de la política económica y que precisa del cumplimiento de una serie de condiciones técnicas de consistencia matemática. En este sentido, la obra de Fox, Sengupta y Thorbecke (1979) sigue siendo probablemente la mejor orientación para estudiar en profundidad este enfoque teórico de la política económica.

Así pues, la teoría de la política económica cuantitativa nos ofrece un marco analítico para resolver problemas de política económica mediante procedimientos de optimización con restricciones. El siguiente paso consiste en plantear en qué medida esta metodología es útil para resolver problemas de política económica con restricciones de sostenibilidad ambiental.

En este sentido es necesario volver a recordar como punto de partida la afirmación de Robert Solow acerca del papel de la sostenibilidad en el marco político económico actual. Ya en capítulos anteriores se advirtió de que estamos planteando la sostenibilidad ambiental no como un objetivo en sí mismo, sino como una obligación con las generaciones futuras y como una restricción al crecimiento económico. Por lo tanto, la sostenibilidad ambiental debe interpretarse también como una restricción para la política económica.

En un modelo tipo Tinbergen-Theil estructurado de la forma comentada con anterioridad el procedimiento analítico más directo para incorporar la sostenibilidad ambiental a los procesos de decisión de las autoridades económicas consiste en mantener una función objetivo de preferencia o utilidad social tal como la  $W$  especificada con anterioridad e incorporar criterios de sostenibilidad ambiental en las restricciones del modelo. Esto significa que habría que añadir a las condiciones límite una nueva restricción consistente, por ejemplo, en un planteamiento analítico similar al comentado para mantener la neutralidad ambiental en el modelo IS-LM-EE.

Una cuestión especialmente relevante para el estudio de la política económica con restricciones ambientales es la que se refiere al papel de los indicadores. De hecho, es posible plantear un ejercicio de optimización con restricciones de sostenibilidad en el que tanto los indicadores de sostenibilidad débil como los de sostenibilidad fuerte desempeñen un papel relevante. Una idea planteada por Tomás Carpi (2003) nos permite analizar los fundamentos básicos de ese procedimiento.

El modelo desarrollado por Carpi examina la función de los indicadores en las políticas de sostenibilidad. Estas políticas (de desarrollo sostenible, en el planteamiento original del autor) tienen por objeto la compatibilidad entre la maximización del bienestar material y la sostenibilidad a largo plazo del entorno natural. En palabras de Carpi, esto supone la determinación de trayectorias económicas sometidas a restricciones medioambientales.

En un proceso de este tipo, la política óptima consiste en maximizar la tasa de crecimiento del bienestar material sin poner en cuestión para el futuro el nivel de vida alcanzado ni la capacidad potencial del entorno natural para cumplir sus funciones. En este planteamiento el objetivo económico es la guía del proceso mientras que las restricciones ambientales determinan los grados de libertad de la política económica.

Algunos de los indicadores de sostenibilidad débil pueden ser utilizados como guía en este procedimiento. En particular, pueden ser una buena referencia el PNN ambientalmente ajustado (PNNAA) y el *Index of Sustainable Economic Welfare* (ISEW). Las restricciones o sistema de control ambiental del modelo serían los indicadores de sostenibilidad fuerte, representados sobre todo por medio de un sistema de indicadores físicos. Carpi reconoce también la posibilidad de utilizar como restricción algún indicador de sostenibilidad débil, como es el caso del ahorro genuino, indicador que se obtiene como resultado de la suma de la inversión neta interna, el saldo de la balanza de mercancías y la variación neta de recursos naturales y medio ambiente.

En esta especie de cuadro de mando de carácter operativo los distintos indicadores tienen diferentes funciones, que a su vez son complementarias. El PNNAA o el ISEW definirían la función objetivo a maximizar en un período de tiempo dado. Los restantes indicadores, la mayoría de carácter físico, integrarían un sistema de restricciones para satisfacer las condiciones de sostenibilidad fuerte.

El sistema descrito se podría formalizar de la siguiente forma:

$$\text{máx PNNAA}_t$$

sujeto al cumplimiento de un conjunto de restricciones como las siguientes:

$$\text{Ahorro genuino (Sg)} \geq 0$$

$$\text{Tasa de extracción (T ex.)} \leq \text{tasa de extracción sostenible}$$

$$\text{Tasa de producción (T p.)} \leq \text{tasa de producción sostenible}$$

etc.

Las relaciones entre la función objetivo y las restricciones se establecen por medio de las variables de las que dependen las restricciones, que adoptan la siguiente forma:

$$\begin{aligned} Sg &= f(\Delta I, \Delta N) \\ Tex. &= g(PNB, Y^*, T) \\ Tp. &= h(PNB, Y^*, T) \end{aligned}$$

donde  $\Delta I$  es la variación en la inversión interna neta,  $\Delta N$  es la variación en el capital natural y ambiental,  $Y^*$  representa la estructura de la producción y  $T$  el estado de la tecnología.

Si ahora simplificamos este modelo planteado por Tomás Carpi, el desarrollo de políticas de sostenibilidad, una vez identificadas las limitaciones de distintos indicadores, se resume en la adopción de un sistema de indicadores físicos que funcionan como restricción de los objetivos estrictamente económicos en un modelo de programación que sintetiza los procesos de decisión de la política económica en un entorno de compromiso de neutralidad ambiental.

Se trataría, en este planteamiento, de maximizar un indicador derivado de los procesos descritos de ajuste ambiental de las variables macroeconómicas, como puede ser el caso del producto neto ambientalmente ajustado (variable objetivo), con las restricciones derivadas del sistema de indicadores físicos que se diseñe a tal efecto. En los casos en los que el cálculo del producto neto ambientalmente ajustado presente problemas operativos debido a las dificultades de valoración de la depreciación del capital natural, se podría utilizar el PIB como variable a maximizar sujeto a la restricción señalada. Es decir, las decisiones de política económica de acuerdo con el compromiso con el desarrollo sostenible consistirían en un proceso que se puede modelizar como un problema de maximización condicionada del siguiente tipo:

Objetivo:

Maximizar un indicador económico ajustado (por ejemplo el Producto Neto ambientalmente ajustado)

Restricciones:

Sujeto a:

$Stock$  de capital ambiental  $\geq$   $Stock$  mínimo aceptable

Depreciación del capital ambiental  $\leq$  Valor de referencia máximo aceptable

En un modelo de este tipo el  $stock$  de capital ambiental estaría representado por un conjunto de indicadores físicos que representen el valor del patrimonio ambiental en el país en cuestión, de forma que en ninguno de esos indicadores se pueda superar a la baja un determinado valor (físico) de referencia. Al mismo

tiempo, la depreciación de ese capital, que se definiría en términos de contaminación ambiental, grado de explotación de los recursos naturales, etc, precisaría también de la utilización de un amplio conjunto de indicadores físicos, que no podrían superar unos determinados niveles que se consideren representativos de una situación de exceso de degradación ambiental.

La flexibilidad y operatividad de esta metodología basada en indicadores físicos permite concluir que se trata de una opción adecuada para superar los problemas que plantean los indicadores macroeconómicos como sistema de medición de la sostenibilidad en el plano ambiental. Una metodología de estas características permite plantear problemas como el que se resume en la Figura 7.9, en el que se expone un ejemplo concreto muy simple de optimización de un indicador económico sujeto a restricciones físicas de carácter ambiental.

Como ya se ha señalado, el cumplimiento de las restricciones del problema es prioritario, siendo esas restricciones representativas de los grados de libertad de la política económica. En este ejemplo tan simple sería prioritario, por ejemplo, implementar políticas contra el cambio climático, desarrollar la política de espacios protegidos o incentivar el reciclaje de residuos. Una vez cumplidas estas condiciones estaríamos en disposición de implementar todas aquellas políticas económicas orientadas a maximizar el PIB por habitante, ya sean políticas macro o microeconómicas.

Los diferentes enfoques analíticos para el estudio teórico de la política económica con restricciones de sostenibilidad están en realidad muy relacionados entre sí y todos cumplen las condiciones para una macroeconomía ambiental en el sentido planteado por Daly (1991). El modelo IS-LM-EE parte de la existencia de una restricción ambiental (EE) que exige determinadas formas de coordinación de las políticas macroeconómicas. Las políticas ambientales en sentido amplio modifican esa restricción EE, variando así los grados de libertad de las políticas macroeconómicas.

Figura 7.9. Ejemplo de problema de optimización con restricciones ambientales.

Problema de optimización de un indicador económico sujeto a restricciones físicas de carácter ambiental para un año concreto (país o región x).

Objetivo: Maximización del PIB por habitante.

Sujeto a las siguientes restricciones físicas:

Emissiones de  $\text{CO}_2 \leq 4.000 \text{ Ton.}$

Área forestal perdida  $\leq 100 \text{ Has.}$

Aumento en área de espacios de protección  $\geq 50 \text{ Has.}$

Metros cúbicos de agua embalsada  $\geq 1 \text{ millón.}$

Residuos sólidos urbanos reciclados  $\geq 30$  por ciento del total de RSU durante el año.

Fuente: Elaboración propia.

La política económica cuantitativa ofrece un marco analítico en el que también se establecen restricciones cuyos fundamentos son similares a los de la recta EE y que representan los grados de libertad para alcanzar el nivel más alto posible (maximización) de los indicadores macroeconómicos de referencia. En la determinación de ese valor desempeñan un papel muy importante, como es conocido, las políticas macroeconómicas.

# Bibliografía

- Acocella, N. (1998) [1994]: *The Foundations of Economic Policy. Values and techniques*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Anderson, V. (1992): *Alternative Economic Indicators*, Routledge, Londres y Nueva York.
- Andreoni, J. y Levinson, A. (2001): "The simple analytics of the environmental Kuznets curve", *Journal of Public Economics*, vol. 80, 2, págs. 269-286.
- Arrow, K. *et al.* (1995): "Economic growth, carrying capacity, and the environment", *Science*, 268, págs. 520-521.
- Ayres, R. U. (1998): "Eco-thermodynamics: economics and the second law", *Ecological Economics*, 26, 2, págs. 189-209.
- Ayres, R. U. (2008): "Sustainability economics: where do we stand?", *Ecological Economics*, 67, 2, págs. 281-310.
- Barlett, B. (1994): "The high cost of turning green", *The Wall Street Journal*, 14 de septiembre.
- Bartelmus, P. (2008): *Quantitative Eco-nomics: How sustainable are our economies?*, Springer, Dordrecht.
- Baumgärtner, S. y Quaas, M. (2010): "What is sustainability economics?", *Ecological Economics*, 69, 3, págs. 445-450.
- Baumol, W. J. y Oates, W. E. (1982) [1975]: *La teoría de la política económica del medio ambiente*, Antoni Bosch editor, Barcelona.
- Baumol, W. J. y Oates, W. E. (1988): *The theory of environmental policy*, Cambridge University Press, Cambridge, segunda edición.
- Beckerman, W. (1974): *In Defence of Economic Growth*, Cape, Londres.
- Beckerman, W. (1992): "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?", *World Development*, 20, págs. 481-496.

## Bibliografía

- Blanchard, O. J. (1981): "Output, the Stock Market, and Interest Rates", *American Economic Review*, 71, 1, págs. 132-143.
- Boulding, K. (1966): *The Economics of Coming Spaceship Earth*, Sixth Resources for the Future Forum on Environmental Quality in a Growth Economy, Washington D. C., 8 de marzo de 1966.
- Clark, C. W. (1990): *Mathematical Bioeconomics. The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons, Nueva York y Toronto, segunda edición.
- Coase, R. H. (1960): "The Problem of Social Cost", *The Journal of Law and Economics*, 3, págs. 1-44.
- Cobb, C. W. y Cobb, J. B. (1994): *The Green National Product: A Proposed Index of Sustainable Economic Welfare*, Human Economy Centre, University Press of America, Lanham.
- Cole, M. A.; Rayner, A. J. y Bates, J. M. (1997): "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, 2, 4, págs. 401-416.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1992) [1987]: *Nuestro Futuro Común*, Alianza Editorial, Madrid.
- Costanza, R. (1991): *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nueva York.
- Cropper, M. L. y Oates, W. E. (1992): "Environmental Economics: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 30, 2, págs. 675-740.
- Cuerdo, M. y Ramos Gorostiza, J. L. (2000): *Economía y Naturaleza: Una historia de las ideas*, Síntesis, Madrid.
- Cullis, J. G. y Jones, P. R. (1991) [1987]: *Microeconomía y Economía Pública*, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.
- Daly, H. (1974): "The Economics of Steady State", *American Economic Review*, 64, 2, págs. 15-21.
- Daly, H. (1991): "Towards an environmental macroeconomics", *Land Economics*, 67, 2, págs. 255-259.
- Daly, H. E. y Cobb, J. B. (1989): *For the Common Good. Redirecting the Economy toward Community, the Environment and a Sustainable Future*, Beacon Press, Boston.
- Darwin, C. (2009) [1859]: *El origen de las especies*, Austral Espasa-Calpe, Madrid.
- Dasgupta, S.; Laplante, B.; Wang, H. y Wheeler, D. (2002): "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16, 1, págs. 147-168.
- De Bruyn, S. (2000): *Economic Growth and the Environment*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Dietz, S. y Neumayer, E. (2007): "Weak and Strong Sustainability in the SEEA: Concepts and Measurement", *Ecological Economics*, 61, 4, págs. 617-626.
- Dinda, S. (2004): "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49, 4, págs. 431-455.
- Ehrlich, P. R. (1982): "Human carrying capacity, extinction and nature reserves", *Bioscience*, 32, págs. 331-333.

- Eisner, R. (1990): *The Total Incomes System of Accounts*, Chicago University Press, Chicago.
- El Serafy, S. (1989): "The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources", en Ahmad, Y. J.; El Serafy, S. y Lutz, E. (eds.) *Environmental Accounting for Sustainable Development*, World Bank, Washington D.C.
- El Serafy, S. (1991): "The environment as capital", en Costanza, R. (ed.), *Ecological Economics*, Columbia University Press, Nueva York, págs. 168-175.
- Faustmann, M. (1968) [1849]: "On the Determination of the Value Which Forest Land and Immature Stands Posses for Forestry", en Gane, M. (ed.), *Martin Faustmann and the Evolution of Discounted Cash Flow*, Oxford Institute Paper 42.
- Field, B. C. y Field, M. K. (2003) [2002]: *Economía Ambiental*, McGraw-Hill, tercera edición, Madrid.
- Fisher, S.; Dornbusch, R. y Schmalensee, R. (1993): *Economía*, McGraw-Hill, Madrid, segunda edición.
- Fleming, J. M. (1962): "Domestic Financial Policies Under Fixed and Under Floating Exchange Rates", *International Monetary Fund Staff Papers*, 9, 3, págs. 369-379.
- Fox, K. A.; Sengupta, J. K. y Thorbecke, E. (1979): *La teoría de la política económica cuantitativa*, Oikos-Tau, colección libros de economía oikos, Barcelona.
- Frisch, R. (1955): "The Mathematical Structure of a Decision Model: The Oslo Submodel", *Metroeconomica*, 7, diciembre 1955, págs. 111-136.
- Galí, J. (1992): "How well does the IS-LM model fit the post-war US data?", *Quarterly Journal of Economics*, 107, 2, págs. 709-738.
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Global Footprint Network (varios años): *Informe Planeta Vivo*, disponible en [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org).
- Grossman, G. y Krueger, A. (1993): "Environmental Impact of the North American Free Trade Agreement", en Garber, P. (ed.), *The U.S. – Mexico Free Trade Agreement*, MIT Press, Cambridge, págs. 13-56.
- Grossman, G. y Krueger, A. (1995): "Economic Growth and the Environment", *Quarterly Journal of Economics*, 110, 2, págs. 353-377.
- Hansen, A. (1986) [1953]: *Guía de Keynes*, Fondo de Cultura Económica, México, octava reimpresión.
- Harris, S. (1996): "Economics of the Environment: A Survey", *The Economic Record*, 72, 217, págs. 154-171.
- Hartwick, J. M. (1977): "Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources", *American Economic Review*, 67, 5, págs. 972-974.
- Hettich, F. (2000): *Economic Growth and Environmental Policy. A Theoretical Approach*, Edward Elgar, Cheltenham y Northampton.
- Heyes, A. (1998): *A proposal for the greening of textbook macro: IS-LM-EE*, Royal Holloway Working Paper, University of London, Department of Economics, 31 de julio de 1998.

## Bibliografía

- Heyes, A. (2000): "A proposal for the greening of textbook macro: IS-LM-EE", *Ecological Economics*, 32, 1, págs. 1-7.
- Hollander, S. (1988) [1979]: *La economía de David Ricardo*, Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- Hotelling, H. (1931): "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, 39, págs. 137-175.
- Jackson, T. (2009): *Prosperity without Growth. Economics for a Finite Planet*, Earthscan, Londres.
- Jackson, T.; Marks, N.; Ralls, J. y Stymne, S. (1997): *Sustainable Economic Welfare in the UK, 1950-1996*, New Economics Foundation, Londres.
- Jacobs, M. (1996): *La economía verde. Medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*, FUHEM Icaria, Madrid.
- Jaeger, W. (1998): *A theoretical basis for the environmental inverted-U curve and implications for the international trade*, Williams College Working Paper.
- John, A. y Pecchenino, R. (1994): "An overlapping generations model of growth and the environment", *The Economic Journal*, 104, 427, págs. 1397-1410.
- Jones, L. E. y Manuelli, R. E. (1995): *A positive model of growth and pollution controls*, NBER Working Paper 5205.
- Kendrick, J. W. (1979): "Expanding Imputed Values in the National Income and Product Accounts", *Review of Income and Wealth*, 25, 4, págs. 349-363.
- King, R. G. (1993): "Will the New Keynesian Macroeconomics Resurrect the IS-LM Model?", *Journal of Economic Perspectives*, 7, 1, págs. 67-82.
- Kuhn, T. S. (2006) [1962]: *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México D. F.
- Kuznets, S. (1955): "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, 45, 1, págs. 1-28.
- Lawn, P. A. (2003a): "Environmental macroeconomics: Extending the IS-LM model to include an environmental equilibrium curve", *Australian Economic Papers*, 42, págs. 118-134.
- Lawn, P. A. (2003b): "On Heyes' IS-LM-EE proposal to establish an environmental economics", *Environment and Development Economics*, 8, 1, págs. 31-56.
- Leijonhufvud, A. (1973): "Life among the econ", *Western Economic Journal*, 11, 3, págs. 327-337.
- Leipert, C. (1989): *Die Heimlichen Kosten des Fortschritts: Wie Umweltzerstörung das Wirtschaftswachstum Fördert*, Fischer, Frankfurt.
- Malthus, T. R. (1993) [1798]: *Primer ensayo sobre la población*, Alianza Editorial, Madrid.
- Malthus, T. R. (1986) [1803]: *Ensayo sobre el principio de la población*, Fondo de Cultura Económica, segunda edición, México D. F.
- Mankiw, N. G. (1990): "A Quick Refresher Course in Macroeconomics", *Journal of Economic Literature*, 28, 4, págs. 1645-1660.
- Martínez Alier, J. (1999): *Introducción a la economía ecológica*, Rubes, Barcelona.

- Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J. y Behrens III, W. (1972): *The Limits to Growth*, Pan, Londres.
- Meadows, D. H.; Meadows, D. L. y Randers, J. (1992): *Beyond the Limits*, Chelsea Green Publishing Company, Vermont.
- Meadows, D. H.; Randers, J. y Meadows, D.L. (2006): *Los límites del crecimiento 30 años después*, Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores, Madrid.
- Mill, J. S. (2006) [1848]: *Principios de Economía Política*, Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- Moran, D. et al. (2008): “Measuring Sustainable Development-Nation by Nation”, *Ecological Economics*, 64, 3, págs. 470-474.
- Mundell, R. A. (1968): *International Economics*, MacMillan, Nueva York.
- Mundell, R. A. (1972) [1963]: “Movilidad del capital y política estabilizadora bajo tipos de cambio fijos y flexibles”, en Caves, R. E. y Jonson, H. G. (eds.), *Ensayos de economía internacional*, Amorrortu, Buenos Aires.
- Neumayer, E. (2003): *Weak versus Strong Sustainability, Exploring the limits of two opposing paradigms*, Edward Elgar, Cheltenham-Northampton, segunda edición.
- Nordhaus, W. D. (1974): “Resources as a Constraint on Growth”, *American Economic Review*, 64, 2, págs. 22-26.
- Nordhaus, W. D. y Tobin, J. (1972): *Is Growth Obsolete?*, Cowles Foundation Paper 398.
- O’Brien, D. P. (1996) [1975]: *Los economistas clásicos*, Alianza Universidad, Madrid.
- Odum, H. T. (1971): *Environment, power and society*, Wiley, Nueva York.
- OECD (1994): *Indicateurs d’environnement*, OECD, París.
- OECD (2003): *OECD Environmental Indicators. Development, Measurement, and Use*, OECD Reference Paper, París.
- OECD (2008): *Key Environmental Indicators*, OECD Environment Directorate, París.
- Panayotou, T. (1992): *Environmental Kuznets Curves: Empirical Tests and Policy Implications*, Harvard Institute for International Development, Cambridge.
- Panayotou, T. (1993): *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*, World Employment Research Programme, Working Paper, International Labour Office, Ginebra.
- Panayotou, T. (2003): *Economic Growth and the Environment*, paper presentado en el Spring Seminar of the United Nations Economic Commission for Europe, Ginebra, 3 de marzo de 2003.
- Pearce, D. W. y Turner, R. K. (1995) [1990]: *La Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*, Colegio de Economistas de Madrid, Celeste Ediciones, Madrid.
- Pearce, D. W.; Markandya, A. y Barbier, E. (1989): *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan, Londres.
- Pezzey, C. V. y Toman, M. A. (2002, eds.): *The Economics of Sustainability*, Ashgate, Aldershot y Burlington.
- Pigou, A. C. (1920): *The Economics of Welfare*, Macmillan, Londres.

## Bibliografía

- PNUD (varios años): *Informe sobre desarrollo humano*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Mundi-Prensa, Madrid, Barcelona y México.
- Rees, W. E. (1992): "Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out", *Environment and Urbanization*, 4, págs. 121-130.
- Rees, W. E. (1996): "Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability", *Population and Environment*, 17, págs. 195-215.
- Ricardo, D. (2004) [1817]: *Principios de Economía Política y Tributación*, Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- Ricklefs, R. E. (1998): *Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza*, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, cuarta edición.
- Riera, P.; García, D.; Kriström, B. y Bränlund, R. (2005): *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*, Thomson Paraninfo, Madrid.
- Robbins, L. (1932): *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Macmillan, Londres.
- Sagar, A. D. y Najam, A. (1998): "The human development index: a critical review", *Ecological Economics*, 25, 3, 249-264.
- Schmid-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS-Das Maß für ökologisches Wirtschaften*, Birkhäuser, Berlín.
- Schumpeter, J. A. (1994) [1954]: *Historia del Análisis Económico*, Ariel Economía, Barcelona.
- Shafik, N. y Bandyopadhyay, S. (1992): *Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross Section Evidence*, working paper, World Bank, Washington D. C.
- Siebert, H. (2005): *Economics of the Environment. Theory and Policy*, Springer, Berlin-Heidelberg, sexta edición.
- Sim, N. C. S. (2006): "Environmental Keynesian macroeconomics: Some further discussion", *Ecological Economics*, 59, 4, págs. 401-405.
- Slade, M. E. y Thille, H. (2009): "Whither Hotelling: Tests of the Theory of Exhaustible Resources", *Annual Review of Resource Economics*, 1, págs. 239-260.
- Smith, A. (2008) [1776]: *La Riqueza de las Naciones*, Alianza Economía, Madrid.
- Söderbaum, P. (2007): "Towards sustainability economics: principles and values", *Journal of Bioeconomics*, 9, 3, págs. 205-225.
- Söderbaum, P. (2008): *Understanding Sustainability Economics: Towards Pluralism in Economics*, Earthscan, Londres y Sterling.
- Solow, R. (1993) [1991]: "Sustainability: An Economist's Perspective", en Dorfman, R. y Dorfman, N. (eds.), *Selected Readings in Environmental Economics*, Norton, Nueva York, págs. 179-187.
- Stern, N. (2007) [2006]: *El Informe Stern: La verdad sobre el cambio climático*, Paidós Historia contemporánea, Barcelona.
- Stigler, G. J. (1966): *The Theory of Prices*, MacMillan, Nueva York, tercera edición.
- Stockey, N. L. (1998): "Are there limits to growth?", *International Economic Review*, 39, 1, págs. 1-31.

- Suri, V. y Chapman, D. (1998): "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, vol. 25, 2, págs. 195-208.
- Theil, H. (1961): *Economic Forecasts and Policy*, North-Holland, Amsterdam, segunda edición revisada.
- Tietenberg, T. y Lewis, L. (2009): *Environmental & Natural Resource Economics*, Pearson International Edition, octava edición, Boston.
- Tinbergen, J. (1952): *On the Theory of Economic Policy*, North-Holland, Amsterdam.
- Tinbergen, J. (1954): *Centralization and Decentralization in Economic Policy*, North-Holland, Amsterdam.
- Tinbergen, J. (1956): *Economic Policy, Principles and Design*, North-Holland, Amsterdam.
- Tomás Carpi, J. A. (2003): "Indicadores económicos y estrategia de desarrollo sostenible", en Erias Rey, A. (coord.), *Economía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*, Diputación de A Coruña, Universidade da Coruña y UIMP, A Coruña, págs. 64-104.
- Turner, R. K. y Pearce, D. W. (1992): *Sustainable Development: Ethics and Economics*, working paper PA 92-09, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, Norwich y Londres.
- Vitousek, P. et al. (1986): "Human appropriation of the products of photosynthesis", *Bioscience*, 34, 6, págs. 368-373.
- Wackernagel, M. (1991): *Using Appropriated Carrying Capacity as an Indicator. Measuring the Sustainability of a Community*, Technical Report to the UBC Task Force on Healthy and Sustainable Communities, Vancouver.
- Wackernagel, M. (1994): *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability*, Tesis Doctoral, University of British Columbia.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, Canadá.
- Wackernagel, M. et al. (1999): "National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept", *Ecological Economics*, 29, 3, págs. 375-390.
- World Bank (1992): *Development and the Environment: World Development Report 1992*, Oxford University Press, Nueva York.
- Wrightsmann, D. (1970): "IS, LM, and External Equilibrium: A Graphical Analysis", *American Economic Review*, 60, 1, págs. 203-208.
- Yandle, B.; Bhattarai, M. y Vijayaragharan, M. (2004): *Environmental Kuznets Curve: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications*, Research Study 02-1, PERC, abril 2004.
- Zolotas, X. (1981): *Economic Growth and Declining Social Welfare*, Nueva York University Press, Nueva York.





