

Perspectivas del medio ambiente europeo

Diseño de portada: AEMA
Maquetación: AEMA

Advertencia

El contenido del presente informe no refleja necesariamente la opinión oficial de la Comisión Europea o de otras instituciones de la Unión Europea. Ni la Agencia Europea de Medio Ambiente ni ninguna persona o empresa que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en este informe.

Todos los derechos reservados

Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente publicación por cualquier medio, electrónico o mecánico, inclusive fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la autorización por escrito del titular de los derechos de autor. La persona de contacto en materia de derechos de traducción o reproducción es el director de proyectos de la AEMA, Ove Caspersen (véanse datos de contacto más abajo).

En Internet, vía el servidor Europa (<http://europa.eu>), pueden consultarse otras muchas informaciones sobre la Unión Europea.

Revisión científica de la edición en español:

Este trabajo ha sido realizado por TAU Consultora Ambiental por encargo de la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos (Punto Focal Nacional de la AEMA), Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente (MMA).

Supervisión, coordinación y control (MMA):

José Ignacio Elorrieta Pérez de Diego
Javier Rubio de Urquía
Gema de Esteban Curiel

Coordinación (TAU Consultora Ambiental):

Laura Romero Vaquero

Equipo de revisión:

Miguel Ángel Alario Franco, Universidad Complutense de Madrid
Manuel Álvarez-Arenas Bayo, Tau Consultora Ambiental
Gabriel Gascó Guerrero, Universidad Politécnica de Madrid
José María Gascó Montes, Universidad Politécnica de Madrid

Corrección de estilo y maquetación:

Tina Guillem

Título del original en inglés: *European environment outlook*

© Agencia Europea de Medio Ambiente, 2006

© de la presente edición Ministerio de Medio Ambiente, 2007

Publicada mediante un convenio con la AEMA y con la Oficina de Publicaciones Oficiales de la CE (OPOCE)
El Ministerio de Medio Ambiente se responsabiliza por completo de la revisión científica de la traducción.

Catálogo general de publicaciones oficiales
<http://publicaciones.administracion.es>

Edita: Centro de publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Medio Ambiente ©

I.S.B.N.: 978-84-8320-379-8

NIPO: 310-07-014-X

Depósito Legal: M.15.093-2007

Imprime: Sociedad Anónima de Fotocomposición
Talisio, 9 - 28027 Madrid

Impreso en papel reciclado al 100%, totalmente libre de cloro

Presentación de la versión española

Este informe sobre las perspectivas del medio ambiente europeo tiene una densidad de información notable. Presenta de forma muy condensada los trabajos realizados a instancias de la Agencia Europea de Medio Ambiente no ya para evaluar la situación ambiental actual, sino para exponer lo que puede ser nuestro futuro. Las políticas de hoy, que todos nos esforzamos por cumplir, así como las formas de desarrollo de los diferentes países, las pautas de consumo y comportamiento de los ciudadanos, todos estos factores configuran en unos años unos escenarios diferentes a la situación actual, pero escenarios que también pueden ser muy distintos en muchos aspectos.

En este libro se van exponiendo diferentes posibilidades para nuestro futuro. Se hacen previsiones sobre la variación de la población europea, sobre el crecimiento del número de hogares, sobre las necesidades de agua, la generación de residuos, la utilización de recursos. Se analizan escenarios ambientales en función no sólo de lo que hacemos hoy, sino también, y sobre todo, de lo que va a ocurrir en los países de la Europa ampliada. Se describen los modelos matemáticos de previsión utilizados para cada campo, modelos sofisticados, que permiten asumir las variaciones posibles de un gran número de indicadores.

Algunas de las afirmaciones son esperanzadoras: la UE cumplirá con los objetivos perseguidos por el Protocolo de Kioto. Otras previsiones son más preocupantes: cada día es más difícil alcanzar el principal objetivo político de la UE de limitar el aumento de la temperatura media global a 2º C por encima de los niveles preindustriales. Escenarios que pueden parecer lejanos, dependen en gran medida de lo que hagamos hoy: cambios extremos y repentinos, como el colapso de la corriente del Golfo o del ecosistema Ártico, no son tramas de películas o novelas, sino parte de estudios complejos y serios; limitar el calentamiento a niveles que permitan evitar efectos irremediables es posible pero requiere un gran esfuerzo colectivo.

A países como España nos resulta especialmente serias las previsiones sobre la escorrentía final disponible: el aumento de la temperatura y las alteraciones en las precipitaciones hacen pensar en un endurecimiento del estrés hídrico en las cuencas mediterráneas. Los episodios de sequía pueden ser graves en zonas ya muy vulnerables, impactando negativamente en la calidad del suelo, los ecosistemas y los sectores socioeconómicos necesitados de agua.

De la lectura de este informe, que resulta apasionante en muchos momentos, se desprende una obligación aún mayor de poner en práctica y aplicar políticas ambientales cada vez más integradas.

Jaime Alejandre
Director general de Calidad y Evaluación Ambiental
Ministerio de Medio Ambiente

Índice

Agradecimientos.....	6
Prólogo	7
Resumen.....	8
1. Mirando hacia el futuro: definición del escenario	10
1.1 Mirando hacia el futuro: ¿para qué?.....	10
1.2 Perspectivas del medio ambiente europeo	10
2. Medio ambiente en Europa: preocupaciones actuales	13
2.1 Temas centrales.....	13
2.2 ¿Qué provoca los cambios en el medio ambiente europeo?	16
2.3 Dimensión política.....	19
3. Fuerzas motrices y presiones sociales: escenario de referencia europeo	22
3.1 Contexto socioeconómico	22
3.2 Demografía	23
3.3 Macroeconomía	24
3.4 Desarrollos tecnológicos	24
3.5 Desarrollos sectoriales.....	25
3.6 Pautas de consumo	26
3.7 Energía y transporte.....	27
3.8 Agricultura.....	30
3.9 Flujos de materiales y residuos.....	33
4. Cambios en el medio ambiente europeo.....	38
4.1 Enfoque sobre las emisiones de GEI y cambio climático.....	38
4.2 Enfoque sobre la calidad del aire.....	47
4.3 Enfoque sobre el estrés hídrico	52
4.4 Enfoque sobre la calidad del agua	60
5. Señales clave y alertas tempranas	64
6. Incertidumbres y lagunas de información.....	69
Notas a pie de página	70
Anexo 1 Grupos de países/acrónimos y abreviaturas	76
Anexo 2 Descripción concisa de los modelos de elaboración utilizados	78
Anexo 3 Referencias	84
Anexo 4 Glosario de términos sobre las perspectivas del medio ambiente.....	89

Agradecimientos

Los autores del presente informe, Stéphane Isoard y Thomas Henrichs, agradecen a Teresa Ribeiro y a Jock Martin su guía y apoyo. También agradecemos en gran medida la ayuda y los comentarios que hemos recibido de nuestros compañeros de la Agencia Europea de Medio Ambiente, en particular de Ybele Hoogeveen, André Jol, Pawel Kazmierczyk, Lars Mortensen, Linda Neale, Jan-Erik Petersen, Louise Rickard, David Stanners, Niels Thyssen, Hans Vos y Tobias Wiesenthal.

También agradecemos las valiosas contribuciones a este informe de las siguientes personas:

- Mette Skovgaard, Stephan Moll y Rikke Carlsen del Centro Temático Europeo de Residuos y Flujos de Materiales, así como a Frits Møller Andersen y Helge Larsen del Laboratorio Nacional Risø;
- Peter Kristensen, Concha Lallana, Benoît Fribourg-Blanc y Steve Nixon del Centro Temático Europeo del Agua;
- Jelle Van Minnen, Willemijn Tuinstra, Nikos Kouvaritakis, Leonidas Mantzos, Zbigniew Klimont y Peter Taylor del Centro Temático Europeo de Calidad del Aire y Cambio Climático;
- Peter Witzke, Wolfgang Britz y Andrea Zintl del EuroCARE GBmv;
- Martina Flörke y Joseph Alcamo del Centro para la Investigación de Sistemas Medioambientales de la Universidad de Kassel;
- Antonio Soria, Peter Ruß, Lazslo Zsabo y Panayotis Christidis del Instituto de Prospectiva Tecnológica de la Comisión Europea — Centro Común de Investigación.

Del mismo modo, estamos muy agradecidos a la crítica constructiva vertida por los miembros del Grupo Asesor en el ámbito de este informe de Prospectiva del medio ambiente europeo:

- Timothy Carter (Programa de Investigación para el Cambio Global, Instituto Medioambiental Finlandés);
- Gerold Bödeker (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO);
- Keith Weatherhead (Universidad de Cranfield);
- Annegrete Bruvoll (Estadística de Noruega, Residuos y Flujos de Materiales);
- Kenneth Ruffing (Subdirector, Dirección de Medio Ambiente, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE);
- Ferenc Toth (Organismo Internacional de la Energía Atómica, OIEA);
- Antonio Soria (Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS), Comisión Europea — Centro Común de Investigación);
- Tomasz Zylicz (Departamento Financiero, Universidad de Varsovia y Comité Científico de la AEMA).

Además, quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a Jelle Bruinsma, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y a Christian Pallière, de la Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes (EFMA), por su apoyo durante la elaboración del presente informe con los datos aportados. Finalmente, agradecemos a Peter Saunders su apoyo durante la fase de edición.

Son muchos los expertos que han colaborado en la revisión de los aspectos metodológicos y de los resultados preliminares de este análisis (por ejemplo, en talleres monográficos sobre residuos y flujos de materiales, energía y cambio climático en la Agencia Europea del Medio Ambiente), y resultaría tedioso dar las gracias aquí individualmente a cada uno de ellos.

Sin embargo, nos gustaría agradecerles sus aportaciones y reflexiones, que en muchos casos nos han inspirado y han alterado el curso de los acontecimientos.

Prólogo

La protección de nuestro medio ambiente es un elemento fundamental si queremos garantizar un medio de vida sostenible para las generaciones actuales y futuras.

De hecho, las encuestas más recientes del Eurobarómetro demuestran que los europeos consideramos la protección de nuestro medio ambiente como una de las seis prioridades clave de la Unión Europea. Asuntos que preocupan especialmente son la contaminación atmosférica y del agua, los desastres provocados por el hombre y el cambio climático. Además, es necesario enfrentarse a los nuevos retos que suponen las fuentes difusas de contaminación, los cambios en las pautas de consumo y la posibilidad de cambios medioambientales bruscos y extremos.

Europa está respondiendo a estas inquietudes desde la arena política. La Estrategia de Desarrollo Sostenible, la Agenda de Lisboa y el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente son todos ellos importantes en la consecución de un equilibrio entre el crecimiento económico, una alta calidad de vida y un medio ambiente saludable. Para poder adoptar unas decisiones estratégicas mejor fundamentadas, debemos anticipar los acontecimientos y utilizar eficazmente los desarrollos, tanto los que ya están en curso como los emergentes o los latentes.

Los responsables políticos, las partes interesadas y el público en general esperan de nosotros, la AEMA, que proporcionemos información sobre el futuro del medio ambiente europeo. Aunque no podemos

predecir qué cambios nos deparará el futuro, sí podemos, sin embargo, ofrecer una perspectiva de cómo pueden evolucionar las tendencias actuales, basándonos en nuestro conocimiento sobre cómo funcionan los sistemas medioambientales y sobre cómo se ven afectados por los desarrollos tecnológicos y socioeconómicos.

En este informe sobre la perspectiva del medio ambiente europeo se analizan de forma integral un amplio abanico de problemas medioambientales y sus fuerzas motrices comunes, destacando especialmente algunas de las cuestiones más apremiantes. Se resaltan las perspectivas del medio ambiente en Europa, explorando las consecuencias de nuestras actuales expectativas en relación con el desarrollo socioeconómico y, en algunos casos, señalando oportunidades para un futuro más sostenible.

Con este informe de la AEMA, dedicado exclusivamente a analizar las perspectivas, pretendemos ayudar a cimentar los debates que nos permitan mejorar nuestro futuro medioambiental común.

Prof. Jacqueline McGlade,



Directora Ejecutiva de la AEMA

Resumen

En el Informe 2005 sobre la perspectiva del medio ambiente europeo se analizan las consecuencias medioambientales de los principales desarrollos socioeconómicos en Europa, en particular en relación con el cambio climático, la calidad del aire, la calidad del agua y el estrés hídrico. Se analizan los desarrollos previstos a la luz de los actuales objetivos políticos de Europa, tal y como fueron adoptados en la Estrategia de desarrollo sostenible de la Unión Europea y en el Sexto programa de acción en materia de medio ambiente. De este análisis emergen un cierto número de señales clave y de mensajes fundamentales:

Cabe esperar que determinados cambios en los patrones demográficos europeos —envejecimiento de la sociedad, despoblamiento rural y creciente número de hogares— aumenten la presión sobre el medio ambiente. Se prevé que la población total europea permanezca bastante estable durante los próximos 30 años, pero ciertas proyecciones muestran un cambio en la distribución demográfica con un aumento de la edad media (con más del 20% de la población mayor de 65 años para el año 2030, en comparación con el 15% actual). Al mismo tiempo, se espera que el número total de hogares se incremente en más de un 20%. En general, más hogares implican un mayor consumo energético y, hasta ahora, un aumento en las necesidades de agua y en la generación de residuos, lo que aumentará la presión sobre el medio ambiente.

Se espera cumplir con los objetivos a corto plazo sobre la emisión de gases de efecto invernadero en Europa, siempre que se apliquen todas las políticas y las medidas complementarias ya planificadas. Si tenemos en cuenta únicamente las medidas y políticas nacionales existentes (a mediados de 2004), se espera que las emisiones en la UE para el periodo 2008–2012 sean un 3% menores respecto a los niveles de 1990, en comparación con el 8% previsto en el Protocolo de Kioto. Sin embargo, teniendo en cuenta los últimos desarrollos políticos (por ejemplo, el comercio de derechos de emisión con planes de asignación nacionales evaluados y adoptados por la Comisión Europea en la segunda mitad de 2004), y suponiendo que los Estados miembros implanten todas las políticas, medidas adicionales y los proyectos con terceros países que están planificando en la actualidad, incluidos diversos recortes en emisiones que superan sus obligaciones, es posible que la UE cumpla con el objetivo impuesto en el Protocolo de Kioto.

Se espera que se excedan los límites establecidos en los objetivos europeos a largo plazo sobre emisión de gases de efecto invernadero, establecidos para prevenir un cambio climático perjudicial. Las proyecciones apuntan a que, con las medidas y políticas nacionales existentes en la actualidad, parece poco probable que se consiga el objetivo de la UE de una reducción media anual de las emisiones en un 1% hasta el año 2020. Además, salvo que se alcancen importantes reducciones en las emisiones tanto a nivel mundial como europeo, se espera exceder, en la segunda mitad de este siglo, el principal objetivo político de la UE de limitar el aumento de la temperatura media global a 2° C por encima de los niveles preindustriales. Todo ello probablemente provocará más cambios en las precipitaciones, una elevación del nivel del mar y cambios en la magnitud y la frecuencia de algunos fenómenos meteorológicos extremos. Incluso no se consideran del todo imposibles ciertos cambios extremos y repentinos, como el colapso de la «Corriente del Golfo» o del ecosistema Ártico.

Se espera que la contaminación atmosférica y su impacto sobre la salud y los ecosistemas disminuyan considerablemente. Sobre la base de las medidas y políticas existentes, se espera que disminuyan de manera significativa todas las emisiones de contaminantes atmosféricos de origen terrestre (salvo el amoníaco) en más de un 35% hasta el año 2030. Se espera, por tanto, que la UE cumpla de forma global con los objetivos para 2010 acordados en la Directiva sobre techos nacionales de emisión. Sin embargo, aunque varios Estados miembros se encuentran bien encaminados para conseguir respetar sus techos de emisión, otros todavía no lo están. Puesto que se espera que la calidad del aire en Europa mejore de forma importante, puede que el impacto sobre la salud humana y sobre los ecosistemas disminuya de forma sustancial, aunque se espera que se mantengan grandes diferencias entre los distintos países europeos. En particular, se espera que siga siendo significativo el impacto negativo en las áreas superpobladas de la UE.

Se prevé una reducción importante en el consumo de agua en la mayor parte de Europa. Sin embargo, muchas cuencas de los ríos mediterráneos continuarán padeciendo un importante estrés hídrico. Se espera que la captación total de aguas en Europa disminuya más de un 1% para el año 2030. El perfil sectorial del uso del agua en la mayor parte de Europa está

cambiando: la industria manufacturera y los hogares están sustituyendo al sector energético como el mayor foco de consumo de agua. En el sur de Europa, el regadío continúa dominando (más del 40% del total) y está previsto que el aumento de las áreas de regadío y el probable cambio climático aumenten la vulnerabilidad a la sequía y a otros sucesos climáticos extremos.

Se espera que la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CEE) produzca una importante reducción en el vertido global de nutrientes desde sus fuentes puntuales. Gracias a la implantación de esta Directiva, se espera que las emisiones de nitrógeno y fósforo disminuyan de forma importante, como resultado de un aumento de la proporción de la población europea que está conectada a sistemas de tratamiento y depuración de aguas residuales (más de un 75%) y a un mayor uso del tratamiento terciario. Sin embargo, se espera que los vertidos de nutrientes procedentes de las poblaciones rurales no conectadas a sistemas de tratamiento de aguas residuales (alrededor del 30% de la población en los 10 nuevos Estados miembros) y de otras fuentes difusas, como la agricultura, sigan siendo un importante factor de contaminación del agua. Por tanto, si queremos seguir mejorando la calidad del agua, resulta vital seguir cambiando el foco de atención político de las fuentes puntuales a las fuentes difusas, mediante, por ejemplo, los métodos de gestión de las cuencas hidrográficas propuestos en la Directiva Marco del agua.

La reciente ampliación de la UE continúa proporcionando nuevas oportunidades y amenazas ambientales. La legislación de la UE ha conducido, en muchos casos, a leyes medioambientales más estrictas en los 10 nuevos Estados miembros (Nuevos-10). Al mismo tiempo, la mejora en las expectativas económicas y los mayores niveles de consumo individual asociados, probablemente aumenten la presión sobre el medio ambiente. En contraste con las tendencias globales europeas, se espera que el consumo de agua en los hogares y de abonos minerales en la agricultura aumenten sustancialmente en los Nuevos-10 (en más de un 70% y un 35%, respectivamente, aunque estos valores seguirán siendo inferiores a los de la UE15 en términos absolutos). Mientras tanto, se espera que sus aumentos comparativamente más bajos en las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyan de manera importante a limitar las emisiones totales de

la UE. Además, se prevé que la productividad de los recursos en los Nuevos-10 permanezca relativamente baja (actualmente cuatro veces por debajo de la UE15), lo que constituye una buena oportunidad para implantar mecanismos eficaces desde el punto de vista de los costes para dar un gran salto hacia el uso de nuevas tecnologías más eficientes desde el punto de vista del uso de los recursos.

El Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente define objetivos y prioridades medioambientales clave. Parece que la UE se encuentra en el buen camino para cumplir determinados objetivos, en particular en lo relativo a la contaminación atmosférica y el vertido de nutrientes desde fuentes puntuales. También se esperan avances alentadores en otras áreas, como por ejemplo una reducción en los excedentes de nutrientes en la agricultura y en el estrés hídrico, además de una relativa disociación de la demanda de transporte con respecto al crecimiento económico. Sin embargo, la UE continúa enfrentándose a desafíos significativos relacionados con el cumplimiento de los objetivos de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y el cambio climático, así como para alcanzar los objetivos en el uso de fuentes de energía alternativas para la generación de electricidad, calor y transporte.

El cambio actual hacia enfoques más integrados con respecto a las políticas medioambientales proporciona nuevas oportunidades para mejorar el futuro estado del medio ambiente europeo. Con respecto a muchos de los problemas medioambientales, la legislación pasada y actual con frecuencia ha tenido éxito, al enfrentarse a los «grandes contaminantes», pero es probable que aparezcan nuevas preocupaciones relacionadas con el consumo individual y las fuentes difusas de contaminación. Se espera un cambio en la naturaleza de las presiones sobre el medio ambiente: desde la producción hacia el consumo, y desde las grandes fuentes puntuales hacia las fuentes más fragmentadas y difusas (incluyendo hogares, agricultura e infraestructura de transporte). La solución a esta situación podría pasar por que los responsables políticos presten una mayor atención a los desarrollos sectoriales y a las fuerzas motrices comunes (por ejemplo, en el transporte y en la agricultura) que se esconden detrás de muchas presiones sobre el medio ambiente en Europa, y abordar dichos elementos de una manera coherente.

1. Mirando hacia el futuro: definición del escenario

1.1 Mirando hacia el futuro: ¿para qué?

Si queremos un mundo más sostenible, debemos ser capaces de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades económicas, sociales y medioambientales ⁽¹⁾. En este contexto, Europa aspira a convertirse en una economía más dinámica y competitiva, basada en el conocimiento, capaz de mantener un crecimiento económico sostenible, con más y mejores puestos de trabajo y una mayor cohesión social ⁽²⁾.

En apoyo de estos objetivos, las evaluaciones del estado del medio ambiente sólo serán completas si reflejan el futuro del medio ambiente analizando, en perspectiva, cómo podría evolucionar, a la vez que abordan el amplio espectro de incertidumbres que el futuro puede deparar. Este hecho llega a ser particularmente importante en aquellos sistemas medioambientales en los que se dan lapsos temporales considerables entre las acciones y sus consecuencias.

1.2 Perspectivas del medio ambiente europeo

El informe insignia de la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre el «El medio ambiente, estado y perspectivas» para el año 2005 (*The European Environment, State and Outlook 2005*, SOER2005) aborda las principales preocupaciones medioambientales a las que Europa se está enfrentando ⁽³⁾, proporciona una visión general actualizada basada en los conocimientos científicos actuales, y analiza las dimensiones políticas de los desafíos presentes y futuros ⁽⁴⁾.

El informe deriva de una serie de informes preliminares y de documentos técnicos (véase el recuadro 1.1). Dentro de este marco de trabajo, explora en mayor detalle la posible evolución de Europa y sus regiones ⁽⁵⁾, y de este modo complementa la evaluación global del estado actual del medio ambiente.

En el presente informe también se describen los posibles escenarios alternativos, para ayudar a identificar sus posibles soluciones y valorar si Europa va por buen camino para cumplir con sus objetivos medioambientales. Se aborda de manera coherente e integrada un abanico de problemas medioambientales, resaltando los vínculos entre estos temas y sus fuerzas motrices comunes en las áreas técnica, social y económica ⁽⁶⁾.

El análisis se extiende hasta el año 2020 y posteriores, y recoge nueva información cuantitativa (cuando los modelos y las herramientas están disponibles) y un análisis cuantitativo y cualitativo derivado de informes anteriores de la AEMA y de otros estudios.

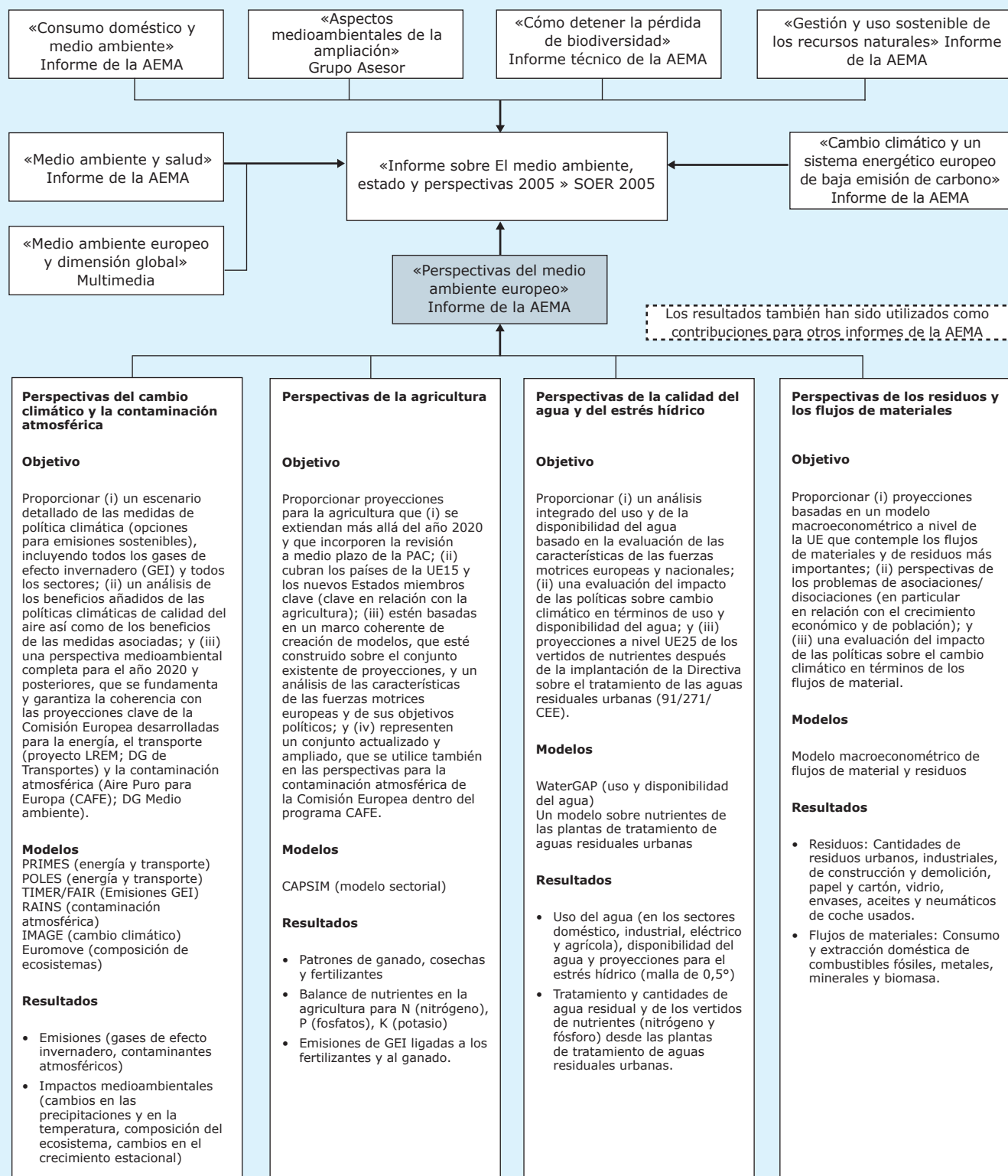
En el Capítulo 2 se realiza un breve resumen de la situación actual y de las dimensiones políticas de los temas medioambientales, lo que constituye el punto de partida natural para analizar los posibles desarrollos futuros. Las principales preocupaciones actuales en relación con el medio ambiente en Europa incluyen el cambio climático y la calidad del aire, el estrés hídrico y la calidad del agua, la degradación del suelo y la pérdida de la biodiversidad y del capital natural, así como los cambios en las pautas de consumo, el uso de los recursos naturales, los residuos y la emisión de gases de efecto invernadero. Aunque es sabido que cada uno de estos temas tiene sus propias características distintivas, todos ellos se encuentran interconectados a través de un amplio espectro de fuerzas motrices comunes.

Es probable que la evolución demográfica, macroeconómica, sectorial, tecnológica y de los valores socioculturales, continúe ejerciendo una influencia decisiva en las presiones sobre el medio ambiente y su estado, tal y como sucede en la actualidad. En el Capítulo 3 se presenta la forma en que todos estos factores pueden evolucionar en función de una serie de hipótesis «de referencia» ⁽⁷⁾ y algunas de sus consecuencias inmediatas. La interacción entre estas fuerzas motrices y el medio ambiente continuará cambiando Europa, y los propios cambios inducirán a su vez retroalimentaciones y provocarán nuevas modificaciones. El Capítulo 4 resalta los cambios medioambientales importantes que tendrán lugar, con probabilidad, como consecuencia de estas hipótesis de referencia.

Sin embargo, la futura evolución no está escrita, sino sujeta a numerosas incertidumbres, sorpresas y a nuestras propias acciones futuras. Es más, uno de los objetivos de estas perspectivas es identificar los desarrollos indeseables que podrían surgir y pensar en el desarrollo de posibles vías alternativas. Por ello, los Capítulos 3 y 4 también resaltan algunas incertidumbres clave existentes en las proyecciones, y estudian con cierto detalle las implicaciones previsibles de un escenario de bajas emisiones de gases de efecto invernadero y otras alternativas (véase el recuadro 1.2).

Recuadro 1.1. Informe sobre El medio ambiente, estado y perspectivas 2005 (SOER 2005)

Las perspectivas contenidas en el informe publicado en 2005 por la AEMA sobre el estado y las perspectivas del medio ambiente europeo han sido desarrolladas para un amplio espectro de sectores y temas: emisión de gases de efecto invernadero, contaminación atmosférica y cambio climático, agricultura, estrés hídrico y calidad del agua, residuos y flujos de materiales. Aquí se proporciona una introducción a sus objetivos (y al valor añadido con respecto a estudios anteriores), modelos y resultados. El Anexo 2 de este informe describe los modelos usados, mientras que la lista extensa de indicadores prospectivos citados puede encontrarse en los documentos de referencia previos que aparecen en el Anexo 3.



Se han destacado las primeras advertencias y señales clave extraídas de este análisis (en el Capítulo 5 y en el Resumen), siempre teniendo en cuenta las incertidumbres inherentes a cualquier debate sobre desarrollos futuros. Los mensajes clave desarrollados en este informe, en los que se reflejan las implicaciones de los escenarios de referencia y alternativos tienen

como objetivo dar soporte a las decisiones políticas bien formadas basadas en las tendencias actuales y pasadas y, además, teniendo en cuenta la mejor interpretación disponible de los posibles desarrollos futuros. El Capítulo 6 hace referencia a algunas lagunas e incertidumbres importantes de la información utilizada.

Recuadro 1.2. Escenarios de referencia y alternativos

El escenario de referencia de la AEMA sigue una definición convencional y se extiende sobre nuestras expectativas actuales en relación con los desarrollos macroeconómicos, sectoriales, tecnológicos y sociales, además de incluir aquellas políticas que han sido implantadas y/o adoptadas que, normalmente, hacen referencia a elementos legislativos, como las directivas de la UE (por ejemplo, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas y sobre vertederos) o acuerdos políticos (por ejemplo, revisión a medio plazo de la Política Agrícola Común). El análisis aquí presentado se extiende hasta el año 2020 y posteriores, prestando especial atención a las evoluciones a largo plazo de los problemas asociados al cambio climático (hasta el 2100).

Las hipótesis de referencia asumidas por la AEMA incluyen las hipótesis socioeconómicas desarrolladas por las proyecciones de referencia de la DG de Transportes «Tendencias europeas de la energía y el transporte para 2030», que también se han utilizado en el marco del programa Aire Puro para Europa (CAFE, DG de Medio Ambiente). Se han asumido otras hipótesis adicionales allá donde se ha considerado apropiado y necesario para desarrollar una perspectiva medioambiental más completa, como por ejemplo en relación a los cambios estructurales y tecnológicos (por ejemplo, el sector hídrico), los precios de las mercancías o la implantación de las políticas de la UE (por ejemplo, revisión a medio plazo de la PAC). Se ha utilizado el mismo conjunto de hipótesis de referencia en todo el espectro de sectores y temas abordados, y en la mayoría de los casos constituyen las fuerzas motrices clave detrás de estas proyecciones (para más información véase el Capítulo 3).

El escenario de referencia se ha complementado con un análisis de escenarios alternativos, en el que se han considerado incertidumbres clave sobre problemas económicos y tecnológicos, así como otros factores políticos de especial relevancia. Los cambios marginales o relativos atribuidos a las distintas hipótesis consideradas, proporcionan con frecuencia argumentos adecuados que facilitan la elección de una determinada opción frente a otra (por ejemplo, en el análisis mediante el contraste entre las opciones de política y escenarios de referencia), incluso allí donde resulta claro que los valores absolutos presentados en esta perspectiva conllevan importantes incertidumbres.

Para los temas clave, se han analizado escenarios alternativos (es decir, hipótesis) al de referencia y las opciones de política, tales como:

Energía, transporte y cambio climático

- Escenario de «bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)»
- Variantes económicas y tecnológicas (por ejemplo, bajo crecimiento económico, rápida penetración de las energías renovables, cese/adopción acelerada de la energía nuclear)

Contaminación atmosférica

- Escenario de «máximas reducciones tecnológicamente viables»

Agricultura

- Mejores prácticas para la manipulación de fertilizantes
- Liberación del mercado de los productos de origen animal — reforma de la PAC ampliada
- Un euro más fuerte

Flujos de materiales y residuos

- Escenario «Bajas emisiones de GEI» (sólo para combustibles fósiles; véanse las perspectivas del cambio climático)
- Variante de bajo crecimiento económico
- Efectos de la Directiva sobre vertido de residuos para los residuos urbanos biodegradables

Estrés hídrico

- Escenario de «bajas emisiones de GEI» (véanse las perspectivas para el cambio climático)
- Variante de bajo crecimiento económico
- No convergencia del uso *per cápita* del agua en los Nuevos-10

2. Medio ambiente en Europa: preocupaciones actuales

Los análisis que abordan las incertidumbres del futuro estado del medio ambiente han desempeñado un papel importante, tanto en el discurso científico como en el debate político, desde la década de los 70. Las primeras perspectivas surgieron a raíz de ciertas inquietudes relacionadas con la sostenibilidad derivada del uso que la sociedad hace de los recursos naturales y, en particular, ponían de manifiesto los límites que el medio ambiente determina para el crecimiento de la población y de los sistemas económicos. Desde entonces, son muchos los estudios que han abordado las perspectivas asociadas a los problemas medioambientales ⁽⁸⁾.

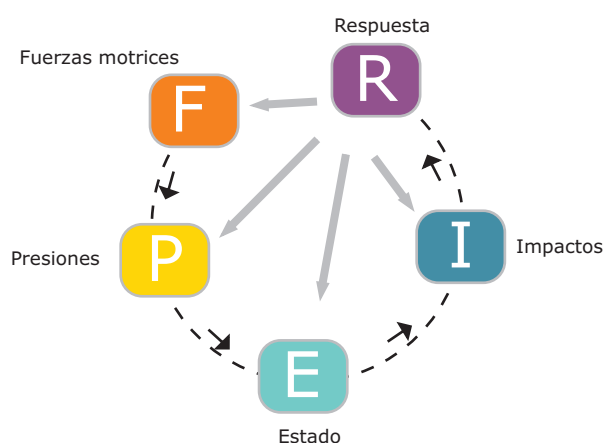
La mayoría de los estudios medioambientales relacionados con el futuro se han centrado o bien en temas y problemas específicos de primer orden o bien en un grupo seleccionado de regiones geográficas. Asimismo, muchos ejercicios de perspectiva están basados en las implicaciones asociadas a la proyección de una base de referencia; por ejemplo, suponiendo que las fuerzas motrices clave siguen tendencias establecidas y no se ven sujetas a cambios repentinos o drásticos. Sin embargo, en vista de las incertidumbres inherentes a cualquier análisis sobre el futuro, las proyecciones se benefician de la comparación con un amplio espectro de escenarios cuyo objetivo es resaltar las alternativas viables. En particular, se ha desarrollado un amplio espectro de escenarios alternativos y contrapuestos en estudios cuyo objetivo es proporcionar una visión integrada de los cambios medioambientales a escala mundial o europea, utilizando aproximaciones de gran amplitud con una

orientación de análisis de sistemas. En el recuadro 2.1 se muestran algunos ejemplos de dichos estudios.

Los estudios sobre perspectivas y escenarios realizados en el pasado sacaron a la luz la existencia de algunas preocupaciones medioambientales de carácter común y generalizado. Muchos de los problemas medioambientales más destacados en Europa se han abordado en evaluaciones anteriores de la AEMA, y el presente informe vuelve a ofrecer un debate coherente y actualizado sobre las perspectivas de tales inquietudes. Estas perspectivas se basan en el denominado marco analítico FPEIR, que tiene como fin abordar una serie de fuerzas motrices, presiones, estados e impactos de los cambios medioambientales de manera integrada, para proporcionar una base que permita desarrollar las opciones de respuesta de la sociedad (véase la figura 2.1).

En este capítulo se resume el conocimiento actual de los problemas medioambientales en relación con el clima, la atmósfera, el agua, la biodiversidad y el suelo. Se resaltan las fuerzas motrices más importantes que existen detrás de estos cambios medioambientales, y se proporciona una indicación de cómo se afrontan los problemas en el contexto político europeo. En capítulos posteriores se analizan las presiones más importantes y otros factores determinantes que gobiernan el estado del medio ambiente, tales como la emisión de gases de efecto invernadero, las pautas de consumo, el uso de los recursos y la generación de residuos, junto con un debate sobre la forma en que las fuerzas motrices clave van a desarrollarse en las próximas décadas bajo una serie de hipótesis de referencia.

Figura 2.1 Esquema F-P-E-I-R



2.1 Temas centrales

Emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático ⁽⁹⁾

La actividad humana ha provocado un incremento drástico en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en comparación con los niveles preindustriales – sólo el dióxido de carbono ha aumentando más de un 30%. En general, se acepta que las emisiones de gases de efecto invernadero conducen a un cambio climático, es decir, a un aumento de la temperatura media global, a una elevación del nivel del mar y a un cambio en la magnitud y frecuencia de algunos sucesos climatológicos extremos. Desde 1900, la temperatura media anual europea de la atmósfera

Recuadro 2.1 Escenarios medioambientales a escala europea o mundial (ejemplos)

Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 1999)

Objetivo: El medio ambiente en Europa Horizonte: 2010 y posteriores
Escenarios: Perspectiva (proyecciones de referencia por temas)

Grupo de escenarios globales, Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (SEI, 1997, 1998)

Objetivo: Medio ambiente, valores humanos Horizonte: 2050
Escenarios: Escenarios globales convencionales (incluyendo variantes de fuerzas del mercado; variantes de reformas políticas)
Escenarios de barbarización (incluyendo variante de colapso, variante del "mundo como fortaleza")
Escenarios de transiciones importantes (incluyendo variante de eco-comunalismo; variante de nueva sostenibilidad)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2000)

Objetivo: Clima, emisión de gases de efecto invernadero Horizonte: 2100
Escenarios: Familia de escenarios A1 (escenarios que describen un mundo globalizado y orientado a la economía)
Familia de escenarios A2 (escenarios que describen un mundo de regiones y orientado a la economía)
Familia de escenarios B1 (escenarios que describen un mundo globalizado y orientado al medio ambiente)
Familia de escenarios B2 (escenarios que describen un mundo de regiones y orientado al medio ambiente)

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005)

Objetivo: Biodiversidad, ecosistemas Horizonte: 2050
Escenarios: Escenario de orquestación global (globalizado con un crecimiento económico y bienes públicos)
Escenario «Orden desde la fuerza» (de regiones con especial énfasis sobre la seguridad y el crecimiento económico)
Escenario de tipo mosaico adaptativo (de regiones haciendo énfasis en la adaptación global y el gobierno flexible)
Escenario «TecnoJardín» (globalizado con énfasis sobre la tecnología ecológica)

Perspectivas Medioambientales de la OCDE (OCDE, 2001)

Objetivo: Economía y medio ambiente Horizonte: 2020
Escenarios: Perspectiva de referencia de la OCDE

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente GEO-3 (PNUMA, 2002)

Objetivo: Medio ambiente Horizonte: 2030
Escenarios: «Los mercados primero»
Escenario «la política primero»
Escenario «la seguridad primero»
Escenario «la sostenibilidad primero»

Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development; WBCSD, 1997)

Objetivo: Empresas y sostenibilidad Horizonte: 2050
Escenarios: Escenario FROG! (globalización económica y crecimiento dirigido por el mercado)
Escenario GEOPolítico (aproximación *top-down* (de arriba a abajo) a la sostenibilidad)
Escenario Jazz (aproximación *bottom-up* (de abajo a arriba) a la sostenibilidad)

Visión del agua en el mundo (World Water Vision, WWV, 2000)

Objetivo: Agua Horizonte: 2025
Escenarios: «Escenario sin cambios»
Escenario del sector privado, económico y tecnológico
Escenario de estilos de vida y valores

ha aumentado 0,95° C, y se espera que esta tendencia continúe. Incluso no parece del todo imposible la aparición de cambios climáticos repentinos y extremos, como por ejemplo cambios asociados a un colapso repentino de la circulación termohalina del Atlántico Norte (lo que provocaría una fuerte reducción en la influencia moderadora del océano en el clima de Europa occidental). Espoleados por esta creciente preocupación sobre el cambio climático, desde finales de los años ochenta se han desarrollado una multitud de escenarios relacionados con la emisión de gases de efecto invernadero.

Desde la adopción del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático por parte de 189 países, tras la Cumbre de la Tierra de Río de 1992, el cambio climático se ha abordado como un problema político europeo de gran trascendencia. Con el Protocolo de Kioto (que entró en vigor el 16 de febrero de 2005) la UE y la mayoría de los demás países industrializados han suscrito objetivos concretos para limitar y frenar la emisión de los gases de efecto invernadero. La UE se ha comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 8% para el periodo 2008-2012 en comparación con las emisiones producidas en un año base (1990 para la mayoría de los países).

Entre 1990 y 2002, las emisiones han disminuido un 2,9% en los países de la UE15 y en un 36% en los 10 nuevos Estados miembros. A pesar de este pequeño logro, las ambiciones europeas van más allá, haciendo un llamamiento a esfuerzos que garanticen que la temperatura media anual global no aumente en más de 2° C en comparación con los niveles preindustriales⁽¹⁰⁾. Esto implicaría nuevos recortes en las emisiones a nivel mundial, que aún no han sido contemplados en el Protocolo de Kioto.

Calidad del aire y contaminación ⁽¹¹⁾

El problema de la calidad del aire y de la contaminación atmosférica ha sido una de las principales preocupaciones en los países industrializados desde principios de la década de 1950. La contaminación atmosférica procedente de los sectores energéticos y del transporte todavía contribuye sustancialmente a los problemas medioambientales del ozono fotoquímico (contaminación estival), altos niveles de partículas finas en suspensión que dañan la salud humana y una deposición excesiva de sustancias acidificantes y eutrofizantes sobre los ecosistemas. Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), partículas gruesas y compuestos orgánicos volátiles (COV) han disminuido drásticamente desde la década de 1980 en la mayoría de los países Europeos.

Las elevadas concentraciones de ozono en las capas bajas de la atmósfera (que provocan la contaminación estival) continúan siendo un problema, pese a la reducción de las emisiones de sus precursores más importantes, óxidos

de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) en un 30% (UE15) y en un 43% (Nuevos-10) entre 1990 y 2001. Además, persiste la preocupación sobre los riesgos sobre la salud y el aumento en los casos de enfermedades cardiovasculares y respiratorias asociadas con las elevadas concentraciones de partículas finas en suspensión, especialmente en las áreas urbanas ⁽¹²⁾.

La calidad del aire es un área en la que la política europea se ha mostrado particularmente activa en los últimos años. Se abordó por primera vez de forma multilateral el problema de la contaminación atmosférica en el Convenio de la CEPE sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, firmado en Ginebra en 1979. Los Protocolos de este Convenio aspiran a reducir las emisiones acidificantes y las concentraciones de ozono, metales pesados y partículas orgánicas persistentes. Dentro del marco del programa Aire Puro para Europa, la Unión Europea aspira a debatir los límites actuales y, eventualmente, endurecerlos aún más para reducir los riesgos asociados para el medio ambiente y la salud humana ⁽¹³⁾.

Calidad del agua y estrés hídrico ⁽¹⁴⁾

En Europa se utiliza una media del 21% de los recursos de agua dulce renovables anualmente. En los países del sur de Europa, la presión sobre los recursos hídricos en verano puede ser más grave debido a la elevada y creciente demanda hídrica proveniente de la agricultura y del sector turístico. Se espera que el cambio climático y el aumento del consumo de agua ejerzan presiones cada vez mayores sobre los recursos hídricos, en particular en el sur y el este de Europa.

La contaminación del agua también continúa siendo una carga sobre los recursos hídricos. Las emisiones de nitratos, principalmente provenientes de la agricultura, han disminuido en numerosas cuencas fluviales entre 1992 y 2002. Sin embargo, en el mismo periodo, alrededor del 15% de los ríos analizados aumentaron sus concentraciones de nitratos, lo que contribuye a la eutrofización de las aguas marinas y costeras y la contaminación del agua potable. El número de ríos fuertemente contaminados ha disminuido debido a la disminución del vertido de materia orgánica, el uso de detergentes libres de fosfatos y la mejora en el tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, se estima que alrededor del 20% de las aguas superficiales en Europa se encuentran seriamente amenazadas por la contaminación.

Los responsables políticos han reconocido la gravedad de los problemas asociados al agua, y han acordado explícitamente reducir a la mitad el porcentaje de población sin acceso sostenible al agua potable y a un saneamiento básico para el año 2015, como uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio propuesto por la ONU (2002).

La UE también ha redoblado esfuerzos para abordar los problemas medioambientales relacionados con la gestión del agua a través de su Directiva Marco del Agua (2000). Dos de los objetivos de la UE son que todas las aguas estén en «buen estado» para el año 2015, y que se utilice el agua de forma sostenible en toda Europa. Se han realizado otros esfuerzos en Europa para garantizar la pureza del agua, con la adopción e implantación de las directivas sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas (1991) y sobre nitratos (1991).

Naturaleza y biodiversidad (15)

La diversidad de genes, especies, ecosistemas y hábitats está amenazada, tanto en Europa como a nivel mundial. Se estima que están amenazadas alrededor de 32.000 especies de plantas (800 de las cuales tienen su origen en Europa) y cerca de 4.000 especies de vertebrados (335 de las cuales viven en Europa y Asia Central).

En Europa, la fragmentación de los paisajes, y en particular la urbanización de las áreas rurales, continúan reduciendo las áreas disponibles para la fauna y la flora. Además, la continua acidificación y eutrofización facilitan la expansión de las especies generalistas, a expensas de las especies especialistas, que se encuentran particularmente amenazadas por el cambio creciente de las condiciones debido al cambio climático.

Desde la conferencia de Río de 1992, el problema de la pérdida de biodiversidad se ha ido reconociendo de manera global como una prioridad política importante. La preocupación global relacionada con la pérdida de biodiversidad volvió a enfatizarse en la conferencia de Río + 10 celebrada en Johannesburgo.

La UE también ha convertido la biodiversidad en una prioridad absoluta en su Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente (6PAMA), y ha declarado como objetivo político global en su estrategia de desarrollo sostenible el cese de la pérdida de biodiversidad para el año 2010. Otras iniciativas políticas europeas han dado su apoyo a este tema, incluyendo la Directiva de Aves (1979) y la Directiva de Hábitat (1992). Ésta última define una red ecológica de áreas de especial protección conocida como la Red Natura 2000. La UE también está comprometida con un número de convenios internacionales de protección de la naturaleza, incluyendo el Convenio de Ramsar relativo a la conservación de humedales (1971) y el Convenio de Bonn sobre especies migratorias (1979).

Degradación y calidad del suelo (16)

Los principales problemas para el suelo en la UE son la erosión, el deterioro de la materia orgánica, la contaminación, el sellado, la compactación, la salinización, la pérdida de biodiversidad, los deslizamientos de tierra y las inundaciones. La degradación del suelo continuará y se agravará debido

al cambio climático, al uso insostenible del suelo y a otras actividades humanas.

Aunque la necesidad de conservar el suelo está internacionalmente reconocida, todavía no se ha tomado ninguna medida política en la UE dirigida específicamente a la protección del suelo (17). Sin embargo, la legislación de la UE aborda los problemas del suelo de forma indirecta, incluyendo, por ejemplo, las directivas sobre nitratos, lodos de las depuradoras y la prevención y el control integrados de la contaminación (IPPC), así como la política agraria común. Desde este enfoque, las medidas existentes abordan mayoritariamente la degradación y la contaminación del suelo resultantes de las actividades agrarias o la contaminación local del suelo provocada por las actividades industriales o de vertido de residuos.

2.2 ¿Qué provoca los cambios en el medio ambiente europeo?

El cambio medioambiental, en relación con el estado del medio ambiente y los impactos asociados, está fuertemente ligado a las fuerzas motrices socioeconómicas. Las fuerzas motrices clave incluyen una amplia variedad de desarrollos políticos, culturales, sociales, técnicos, económicos y demográficos, muchos de los cuales están directa o indirectamente relacionados entre sí. Desde estas páginas no se aborda una revisión completa de cada uno de los diversos motores del cambio medioambiental. Sin embargo, con el fin de estructurarlos, se presentan de forma agrupada en función de las fuerzas motrices asociadas (18).

Los *factores demográficos* incluyen el desarrollo futuro de las cifras de población, envejecimiento, migración y distribución espacial de la población, movilidad de las personas e inmigración.

Los *factores macroeconómicos* incluyen el desarrollo futuro del Producto Interior Bruto (PIB), los acuerdos comerciales y los precios de las mercancías a nivel europeo y mundial, los ingresos y la elasticidad de los precios.

Los *desarrollos sectoriales* en transporte, energía y agricultura son primordiales en el contexto económico. Los desarrollos a largo plazo a nivel mundial, tales como la globalización frente a la regionalización de las economías nacionales, también tienen impactos significativos sobre el medio ambiente europeo.

Los *factores tecnológicos* incluyen los futuros progresos tecnológicos, tanto en el suministro como en la demanda de la economía europea y global, relacionados específicamente con el ritmo de las mejoras tecnológicas (por ejemplo, en la eficiencia) y la difusión y la adopción de nuevas tecnologías (es decir, innovación). Las tecnologías utilizadas, por ejemplo, en el sector de

la generación de energía, en la industria alimentaria, en el tratamiento de residuos y en el transporte colectivo e individual, resultan de enorme importancia para poder conocer los impactos medioambientales debidos al desarrollo económico.

Los *factores sociales y culturales* incluyen la futura evolución de las preferencias y valores sociales, de las pautas de consumo, los modos de vida, la movilidad personal, el turismo, la educación y la movilidad social.

Los *factores/soluciones políticas* incluyen los desarrollos de los países miembros de la UE y de la AEMA, de las instituciones y políticas nacionales y los acuerdos globales que abordan directamente los problemas medioambientales (por ejemplo, regímenes climáticos, como el Protocolo de Kioto) o que tengan un efecto importante sobre el estado del medio ambiente, incluso aunque sea indirecto (por ejemplo, negociaciones de la Organización Mundial del Comercio y problemas relacionados con las subvenciones agrarias).

Existen fuertes vinculaciones y retroalimentaciones entre los diferentes factores motrices del cambio medioambiental, entre la actividad sectorial y las fuerzas motrices macroeconómicas y entre los distintos problemas medioambientales. Por ejemplo, los desarrollos demográficos afectan fuertemente a la economía y al mercado de trabajo, que a su vez están destinados a producir un impacto en los valores culturales y sociales que, de nuevo, se relacionan con los posibles futuros desarrollos poblacionales.

Mientras las relaciones existentes entre las fuerzas motrices y el cambio medioambiental son, en ocasiones, más o menos directas, la relación causa-efecto suele ser menos directa: la actividad humana y los impactos medioambientales están unidos mediante un sistema complejo. En la mayoría de los sistemas, las modificaciones realizadas en uno de sus extremos pueden provocar cambios en el otro. Los cambios ocurridos en las distintas áreas del medio ambiente también tienen con frecuencia fuerzas motrices idénticas o similares. Por ejemplo, el transporte es uno de los factores clave de las emisiones de gases de efecto invernadero y del desarrollo de la contaminación estival. El propio sector del transporte está dirigido por una combinación de tendencias demográficas, económicas, tecnológicas y socioculturales y a su vez, los efectos medioambientales del transporte guardan relación con las políticas sectoriales. Por ello, las respuestas sociales y las estrategias políticas adoptadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte también abordan indirectamente la contaminación atmosférica.

Este conocimiento de los sistemas medioambientales resulta un factor clave para abordar el cambio medioambiental desde una perspectiva integrada, con el objetivo de poder dirigir el foco hacia algunas

de las preocupaciones más acuciantes. La tabla 2.1 proporciona algunas indicaciones de la forma en que los distintos grupos de fuerzas motrices afectan a los problemas medioambientales presentados anteriormente.

La tabla muestra de nuevo hasta qué punto el desarrollo demográfico resulta fundamental para el debate de cómo la actividad humana afecta al entorno. En resumen, una mayor población conduce a un aumento de las necesidades de recursos y más presión sobre el medio ambiente (salvo que el progreso tecnológico o los cambios socioculturales desencadenen un uso más eficaz o tipos de utilización de los recursos totalmente diferentes). Este panorama resulta particularmente evidente cuando los impactos medioambientales están fuertemente asociados al uso *per cápita* de los recursos, como en el uso del agua en los hogares. Como el uso doméstico de agua por persona se ha estabilizado en la mayoría de los países de Europa occidental, e incluso ha disminuido recientemente en algunos de ellos, el lugar y la cantidad de agua que se utiliza en los hogares depende del tamaño de la población y de su distribución (para obtener más detalles, consultar el apartado 4.3).

Relaciones similares se encuentran también en otras áreas, por ejemplo, entre la generación de residuos y la demografía. En este caso, además del número total de personas, la estructura de los hogares es de suma importancia: como norma general, los domicilios monoparentales tienden a consumir más recursos que aquellos de mayor número de miembros. Se espera que la tendencia de hogares con cada vez menos miembros continúe durante los próximos 30 años (pasaremos de una media de 2,7 personas por domicilio en el año 2000 a 2,4 en el 2030). Esta tendencia, combinada con una población total relativamente estable, contribuye, por ejemplo, a un aumento esperado en la generación de residuos urbanos (para obtener más detalles, consultar el capítulo 3).

La relación entre la actividad económica y el estado del medio ambiente es de importancia similar, pero menos definida. En muchos casos, un aumento en la actividad económica lleva directamente asociado (o al menos así sucedía en el pasado) un incremento en la intensidad del uso de los recursos y de los impactos medioambientales. Por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el transporte son un fiel reflejo del desarrollo económico global. Por ello, «disociar» las presiones sobre el medio ambiente del crecimiento económico es un desafío político clave. En otros casos, los tipos e intensidades de las presiones sobre el medio ambiente de una economía cambian con el nivel de ingresos.

Los desarrollos económicos afectan con frecuencia al medio ambiente, principalmente a través de actividades sectoriales (por lo tanto, hemos resaltado los grupos de fuerzas motrices sectoriales). Por ejemplo, el sector

Tabla 2.1 Los vínculos más fuertes (entre las fuerzas motrices clave y los problemas medioambientales)

	Emisiones GEI y cambio climático	Calidad del aire y contaminación atmosférica	Estrés hídrico, inundaciones y sequía	Calidad del agua y su contaminación	Naturaleza y pérdida de biodiversidad	Calidad del suelo y su degradación
Desarrollos demográficos						
Población	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Hogares (número y tamaño medio)	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●
Distribución geográfica de la población	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Desarrollos socioculturales						
Preferencias de los consumidores/opciones individuales	●●●	●●	●●	●●	●●	●●
Valores sociales/opciones (por ejemplo, buena voluntad para pagar)	●●●	●●	●●	●●	●●●	●●
Desarrollos macroeconómicos						
Producto interior bruto (PIB)	●●●	●●	●●●	●●	●●	●●
Distribución de ingresos	●●	●●	●●	●	●●	●
Precios de los combustibles fósiles	●●●	●●●	●	●	●●	●
Liberalización del mercado	●●●	●	●●	●	●●	●●
Desarrollos tecnológicos						
Tecnologías para la producción (por ejemplo, energía, transporte)	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●
Eficiencia en el uso de los recursos (por ejemplo, agua, energía, suelo)	●●●	●●	●●●	●●●	●●	●●●
Desarrollos sectoriales						
Energía y transporte						
Suministro de energía primaria	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●●
Generación de energía	●●●	●●●	●●	●	●●	●●
Uso de la energía en el sector del transporte	●●●	●●●	●	●	●●	●
Uso de la energía industrial (por ejemplo, acero, sector de la construcción)	●●●	●●●	●●	●●	●●	●
Infraestructuras de transporte	●●	●●●	●	●	●●●	●●
Agricultura						
Sistemas de explotación agrícola y ganadera	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●
Gestión de abonos y uso de fertilizantes	●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●
Uso de pesticidas	●	●	●	●●●	●●●	●●●
Regadíos	●	●	●●●	●●●	●●	●●●
Silvicultura						
Producción de madera/replantación forestal	●●	●	●●	●●	●●●	●●●
Hogares y sector de servicios						
Consumo de energía	●●●	●●●	●	●●	●●	●
Consumo de agua	●	●	●●●	●●●	●●	●
Turismo	●●●	●●	●●●	●●	●●●	●●
Flujos de materiales y residuos						
Gestión de residuos	●●	●●	●	●●	●●	●●●
Gestión de aguas residuales	●	●	●	●●●	●●●	●●

- Vínculos fuertes (efectos directos)
- Vínculos medios (efectos indirectos principalmente)
- Débil o sin vínculos

energético está estrechamente unido a la calidad del aire y al cambio climático, pero también afecta fuertemente al uso del agua (la producción de energía térmica necesita agua como refrigerante, y esta actividad calienta el agua). El sector transporte está también directamente vinculado a la emisión de gases de efecto invernadero, así como de contaminantes atmosféricos (por ejemplo, partículas en suspensión). Además, las infraestructuras de transporte afectan fuertemente al uso del suelo y, como resultado de la fragmentación, pueden conducir al cambio y a la pérdida de biodiversidad. Las actividades agrarias están directamente vinculadas al cambio en el uso del suelo y a la pérdida de biodiversidad, así como a la emisión de gases de efecto invernadero. De forma similar, la agricultura ejerce una fuerte presión sobre los sistemas hídricos debido a sus emisiones de nitratos y al uso de otros productos químicos.

Aparte de la gran cantidad de vínculos directos e indirectos que existen entre las fuerzas motrices y los impactos medioambientales, los cambios en el medio ambiente también tienden a interactuar entre sí (y por tanto, en cierta medida, con las fuerzas motrices). Por ejemplo, el cambio climático, si bien es un problema importante en sí mismo, también lleva asociado una serie de impactos sobre otros problemas medioambientales: si se altera la disponibilidad de agua se modifica el nivel del estrés hídrico en las distintas regiones; si se cambian las condiciones ambientales se pone en peligro la biodiversidad y se modifica el entorno marino; si aumentan las temperaturas

se puede poner en riesgo la salud humana, etc. Al mismo tiempo, al cambiar la calidad del aire se puede alterar la magnitud del cambio climático (un ejemplo bien documentado es la reducción del calentamiento global por la presencia de partículas de azufre en la atmósfera). La tabla 2.2 resume algunas de estas interacciones de una forma orientativa.

2.3 Dimensión política

Las respuestas sociales y políticas a las presiones e impactos sobre el medio ambiente juegan un papel importante en la determinación futura del estado del medio ambiente y, con frecuencia, han dado lugar a una legislación medioambiental específica. Al mismo tiempo, los factores determinantes de los desarrollos futuros evolucionan y asumen un papel importante en relación a diferentes problemas medioambientales. Desde este punto de vista, las políticas sectoriales (por ejemplo, transporte, agua o agricultura) proporcionan una nueva fuente de posibles soluciones a las inquietudes medioambientales, especialmente en la medida en que también comparten las mismas fuerzas motrices.

El Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente de la UE (6PAMA) ⁽¹⁹⁾, que fue adoptado el 22 de julio de 2002 y que comprende un periodo de diez años, promueve la integración de las preocupaciones medioambientales en todas las políticas comunitarias. En él se reafirma la necesidad de elaborar estrategias de integración del medio ambiente basadas en el «Proceso

Tabla 2.2 Interacciones importantes entre las distintas áreas de preocupación medioambiental

Cómo/afecta ↓	→					
	Emisiones GEI y cambio climático	Calidad del aire y contaminación atmosférica	Estrés hídrico, inundaciones y sequía	Calidad del agua y su contaminación	Naturaleza y pérdida de biodiversidad	Calidad del suelo y su degradación
Emisiones de GEI y cambio climático		●●	●●●	●●	●●●	●●
Calidad del aire y contaminación atmosférica	●●		●	●●●	●●●	●●
Estrés hídrico, inundaciones y sequía	●	●		●●●	●●●	●●●
Calidad del agua y su contaminación	●	●	●●		●●●	●
Naturaleza y pérdida de biodiversidad	●	●	●●	●●		●●
Calidad del suelo y su degradación	●●	●	●●	●●●	●●●	

- Retroalimentación fuerte
- Retroalimentación media o débil
- Realimentación menor o nula

de Cardiff»⁽²⁰⁾, que hace una llamada a la integración de estrategias para un amplio espectro de sectores, incluyendo la agricultura, el transporte, la energía, la industria, el desarrollo, el mercado interno, los negocios económicos y financieros, los asuntos generales y la industria pesquera.

El 6PAMA también define objetivos básicos para prioridades medioambientales que deben cumplirse en cuatro áreas clave: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, medio ambiente y salud y calidad de vida, y recursos naturales y residuos. Además de establecer objetivos y calendarios donde sea apropiado, el 6PAMA proporciona la base para el desarrollo de siete «estrategias temáticas» para abordar problemas medioambientales prioritarios que requieran una estrategia amplia (véanse las tablas 2.3 y 2.4).

De forma similar, la estrategia para el desarrollo sostenible de la UE proporciona una perspectiva a largo plazo, que implica la combinación de una economía dinámica con cohesión social y estrictas normas medioambientales. Reconoce específicamente que, a largo plazo, el crecimiento económico, la cohesión social y la protección medioambiental deberán ir de la mano. Desde el punto de vista medioambiental, la estrategia de desarrollo sostenible define objetivos para limitar el cambio climático y aumentar el uso de las energías limpias, abordar las amenazas que se ciernen sobre la salud pública, gestionar los recursos naturales con más responsabilidad y mejorar el sistema de transporte y la gestión del uso del suelo. También insiste en la importancia, para alcanzar un desarrollo sostenible, de combatir la pobreza y la exclusión social y de enfrentarse a las implicaciones sociales y económicas de una sociedad cada vez más envejecida.

Dentro del marco más amplio de la Estrategia de Desarrollo Sostenible, la Agenda de Lisboa⁽²¹⁾ impone un plazo de diez años para que la UE se convierta en

la economía más dinámica y competitiva del mundo, basada en el conocimiento, capaz de mantener un crecimiento económico sostenible con más y mejores empleos, y una mayor cohesión social. En la Agenda de Lisboa, se ha prestado un interés especial a la preparación de la transición a una sociedad y una economía basadas en el conocimiento – mediante el uso de mejores políticas para la sociedad de la información y de investigación y desarrollo, escalonando el proceso de reformas estructurales para mejorar la competitividad y la innovación, y completando el mercado interior⁽²²⁾. Otro tema central de la agenda es la modernización del modelo social europeo y el mantenimiento de una economía saludable mediante la aplicación de una política macroeconómica apropiada.

En la Agenda de Lisboa, los programas de acción medioambiental y la Estrategia de Desarrollo Sostenible complementan otras directivas de carácter legal que directa o indirectamente afectan al estado del medio ambiente en Europa. Entre las directivas que abordan las preocupaciones medioambientales podemos citar la Directiva Marco del Agua⁽²³⁾, la Directiva sobre nitratos⁽²⁴⁾, la Directiva sobre hábitats y la Directiva sobre aves⁽²⁵⁾, la Directiva sobre tratamiento de aguas residuales urbanas⁽²⁶⁾, la Directiva marco de calidad del aire, la Directiva sobre techos nacionales de emisión⁽²⁷⁾ y otro gran número de directivas cuyo objetivo es reducir las emisiones de los contaminantes atmosféricos procedentes de fuentes fijas y móviles.

Aunque los ejemplos anteriores destacan la diversidad existente en las políticas relacionadas con el estado del medio ambiente en Europa, se deberá garantizar un cambio incluso más importante, pasando de la formulación de políticas orientadas a la resolución de problemas específicos a políticas que desarrollen una visión más integrada y coherente, que haga frente con mayores garantías a los factores comunes y a las diversas interrelaciones esbozadas en este documento.

Tabla 2.3 Estrategias temáticas definidas en el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente

Área de actuación	Estrategias temáticas definidas en el 6PAMA
Actuación sobre naturaleza y biodiversidad	Estrategia temática sobre protección del suelo (Art. 6.2 (c)) ⁽²⁸⁾
	Estrategia temática para la protección y conservación del medio ambiente marino (Art. 6.2 (g)) ⁽²⁹⁾
	Estrategia temática sobre la utilización sostenible de plaguicidas (Art. 7 (c)) ⁽³⁰⁾
Actuación sobre el medio ambiente y la salud y la calidad de vida	Estrategia temática destinada a reforzar una política coherente e integrada en materia de contaminación atmosférica (Art. 7 (f)) ⁽³¹⁾
	Estrategia temática [...] para mejorar la calidad del medio ambiente urbano (Art. 7 (h)) ⁽³²⁾
Actuación sobre el uso y la gestión sostenibles de los recursos naturales y de los residuos	Estrategia temática sobre la gestión y el uso sostenible de recursos (Art. 8.2 (i)) ⁽³³⁾
	Estrategia temática sobre el reciclado de residuos (Art. 8.2 (iii)) ⁽³⁴⁾

Tabla 2.4 Objetivos del Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente abordados en la presente perspectiva

Área de actuación	Objetivos seleccionados del 6PAMA
Actuación para hacer frente al cambio climático	El Protocolo de Kioto obliga a una reducción del 8% en las emisiones de GEI para el periodo 2008-2012, con respecto a los niveles de 1990, en el conjunto de la UE (Art. 5.1) ⁽³⁵⁾ Objetivo a largo plazo de un aumento máximo en la temperatura del planeta de 2°C con respecto a los niveles preindustriales (Art. 2) Uso de fuentes de energía renovables [...] de acuerdo con el objetivo del 12% del uso energético total para el año 2010 (Art. 5.2 (ii (c))) ⁽³⁶⁾ Duplicación de la cuota global de la cogeneración de electricidad y calor hasta llegar al 18% de la producción bruta total de electricidad (Art. 5.2 (ii (d))) Fomento del desarrollo y la utilización de combustibles alternativos en el sector del transporte (Art. 5.2 (iii (f))) ⁽³⁷⁾ Disociación del crecimiento económico y de la demanda de transporte (Art. 5.2 (iii (h))) ⁽³⁸⁾
Actuación sobre la naturaleza y la biodiversidad	Freno del deterioro de la biodiversidad con el fin de alcanzar este objetivo de aquí al año 2010 (Art. 6.1) Protección y restauración adecuada de la naturaleza y la biodiversidad ante las formas de contaminación perjudiciales (Art. 6.1) Fomento de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente, incluyendo la agricultura extensiva, integrada y orgánica (Art. 6.2 (f)).
Actuación sobre el medio ambiente y la salud y la calidad de vida	Asegurar que el ritmo de extracción de recursos hídricos sea sostenible a largo plazo (Art. 7.1) ⁽³⁹⁾ Alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a impactos negativo significativos en la salud humana y el medio ambiente (Art. 7.1) ⁽⁴⁰⁾ Uso sostenible y calidad elevada del agua, asegurando un nivel de protección elevado de las aguas superficiales y subterráneas y evitando su contaminación (Art. 7.2 (e)) ⁽⁴¹⁾ ⁽⁴²⁾
Actuación sobre el uso y la gestión sostenibles de los recursos naturales y de los residuos	El objetivo indicativo de alcanzar en la Comunidad para 2010 un 22% de la producción de electricidad a partir de fuentes de energía renovables (Art. 8.1) ⁽⁴³⁾ Reducción global significativa de los volúmenes de residuos generados (Art. 8.1) ⁽⁴⁴⁾ Determinación de objetivos y metas para la eficiencia de los recursos y su menor uso (Art. 8.2 (i (c))).

3. Fuerzas motrices y presiones sociales: escenario de referencia europeo

Para proporcionar una perspectiva de los cambios en el medio ambiente europeo, en primer lugar debe prestarse atención a las fuerzas motrices del cambio y al modo en que pueden evolucionar en el futuro. Se trata además de un enfoque esencial, dado que las fuerzas motrices del cambio medioambiental están directamente vinculadas a los desarrollos técnicos, sociales y económicos, así como a los marcos políticos a nivel nacional y europeo y, por ello, son comunes para un espectro de temas medioambientales a los que se enfrenta la UE. En este sentido, este capítulo está preparando el camino hacia una visión integrada de las perspectivas reflejadas en el capítulo 4.

Aunque este capítulo analiza individualmente algunas de las principales fuerzas motrices responsables del cambio medioambiental en Europa, también presta atención especial a los vínculos existentes entre los diferentes sectores y temas de una serie de fuerzas motrices comunes. Finalmente, desde un punto de vista metodológico, las hipótesis realizadas para las fuerzas motrices determinan las variables clave en los modelos usados para las perspectivas y, por lo tanto, determinan su dinámica y sus resultados finales ⁽⁴⁵⁾.

3.1 Contexto socioeconómico

El contexto socioeconómico considerado en el escenario de referencia se caracteriza por un crecimiento económico sostenido y moderado, con una fuerte preponderancia del sector de servicios y por una población europea que es estable y que está envejeciendo. El progreso tecnológico es moderado, pero esencial en áreas clave tales como la energía, la agricultura y el agua, aunque sin grandes avances. La esfera política no muestra cambios marcados en términos de políticas sectoriales o medioambientales dirigidas a las pautas de consumo o de producción europeas. Los valores y las preferencias sociales y culturales se van ajustando para reflejar el envejecimiento de la población y los desarrollos de una sociedad orientada a los servicios, en particular en términos de educación y movilidad social.

En conjunto, el escenario de referencia describe los desarrollos que reflejan las expectativas actuales en términos demográficos, económicos y tecnológicos, teniendo en cuenta todas las políticas y medidas implantadas y adoptadas. Dentro de este marco, no se asume *a priori* el logro de los objetivos definidos

en las directivas y reglamentos. A nivel global, los acuerdos comerciales apuntalan el crecimiento económico, las ganancias en productividad (física y laboral) y la competitividad, mientras que los temas medioambientales reciben una atención limitada.

Considerando este contexto socioeconómico, el informe se centra en las fuerzas motrices de particular importancia para los cambios en algunos problemas medioambientales destacados; en concreto, el cambio climático, la contaminación atmosférica, el estrés hídrico, la calidad del agua y los flujos de materiales y residuos. Se presta por ello especial atención a aspectos básicos relacionados con las fuerzas motrices responsables de los cambios que se producen en los sectores económicos clave, es decir, energía, transporte, agricultura e industria manufacturera.

Como mencionamos anteriormente, las perspectivas de la AEMA para varios sectores y temas emplean un grupo de hipótesis de referencia comunes para las fuerzas motrices clave, cuyo objetivo es garantizar la coherencia en todas las categorías y facilitar el análisis simultáneo. Este grupo de referencia se basa principalmente en las hipótesis socioeconómicas desarrolladas mediante consultas extensas efectuadas a las partes interesadas para las proyecciones de referencia de la DG Transportes «Tendencias europeas de la energía y el transporte para 2030» ⁽⁴⁶⁾.

Dentro de este marco de trabajo, se ha desarrollado un conjunto de supuestos coherentes que cubren las fuerzas motrices clave siguientes:

- población
- actividad macro y mesoeconómica (es decir, sectorial)
- gasto doméstico
- número de hogares
- tamaño medio de los hogares
- flujos energéticos.

Estos supuestos comunes para las fuerzas motrices constituyen una referencia para todas las perspectivas de la AEMA. Como consecuencia, al estar en el origen de la cascada de hipótesis, desempeñan un papel crucial en la forma en que esperamos que se desarrolle el futuro, afectando directamente a las preocupaciones medioambientales e indirectamente a través de los impactos medioambientales sectoriales. Por ejemplo, los

supuestos sobre población, ingresos y hogares afectan directamente al consumo de agua y al estrés hídrico, y también gobiernan el desarrollo de los sectores energético y agrario que, a su vez, afectan al consumo de agua y al estrés hídrico (a través del número de centrales eléctricas o de la cantidad de cultivos de riego intensivo). Las interrelaciones existentes entre las perspectivas temáticas y sectoriales de la AEMA se analizan y presentan en mayor profundidad en los capítulos 2 y 4 ⁽⁴⁷⁾.

Se utilizan los mismos supuestos dentro del programa CAFE (Aire Puro para Europa, DG Medio Ambiente)⁽⁴⁸⁾, lo que garantiza la coherencia de las perspectivas de la AEMA en términos de fuerzas motrices clave y resultados medioambientales, con las recientes proyecciones de la Comisión Europea.

Los siguientes apartados proporcionan una visión de conjunto del grupo de hipótesis de referencia asumidas por la AEMA, y muestran, siguiendo dichos supuestos, cómo podrían evolucionar las fuerzas motrices clave y las presiones sobre el medio ambiente ⁽⁴⁹⁾. El recuadro 3.4 introduce también el «escenario de bajas emisiones de GEI», que es la alternativa principal al escenario de referencia, y cuya evaluación medioambiental se analizará en el capítulo 4.

3.2 Demografía

Se espera que la población europea se estabilice, pero gradualmente se irá convirtiendo en una sociedad envejecida.

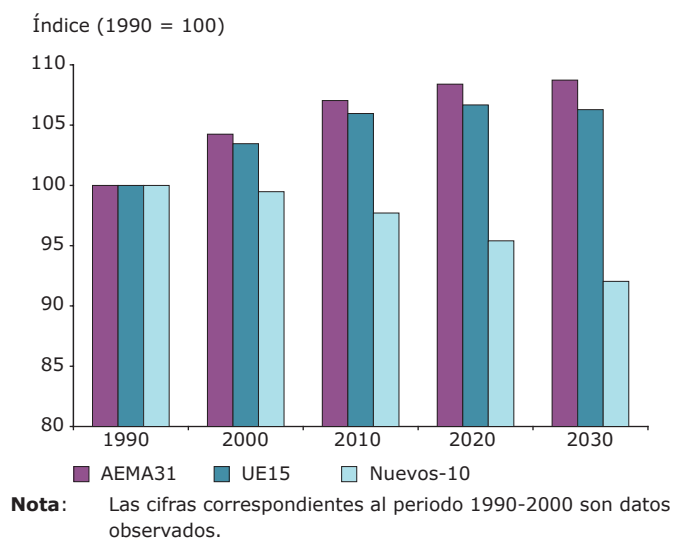
La población es clave para todas las actividades socioeconómicas en Europa y sus impactos sobre el medio ambiente son, por tanto, de gran importancia. Influye tanto en el cambio climático, la contaminación atmosférica o el estrés hídrico como en la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad.

Tabla 3.1 Demografía – desarrollo de la población 1990-2030

	Población (millones)			
	AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10
1990	540	441	366	75
2000	563	453	379	75
2010	578	461	388	73
2020	586	462	390	72
2030	587	458	389	69
	Tasa de crecimiento medio anual (%)			
	AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10
1990-2000	0,4	0,3	0,3	- 0,1
1990-2030	0,2	0,1	0,2	- 0,2

Nota: Las cifras correspondientes al periodo 1990-2000 son datos observados.

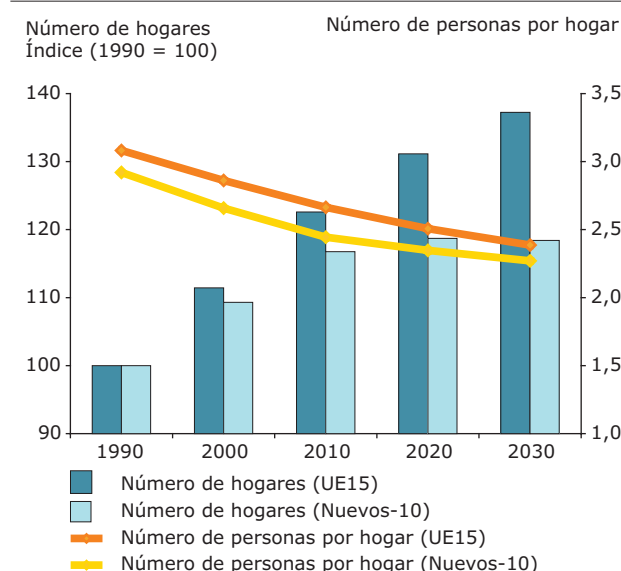
Figura 3.1 Demografía – desarrollo de la población 1990-2030



En el año 2004, la población de la UE sumaba más de 455 millones (con 381 millones en la UE15 y 74 millones en los Nuevos-10). Aunque se trata de la población más elevada registrada hasta el momento, la tasa de crecimiento ha disminuido de forma significativa en las décadas más recientes, desde el 0,88% anual en la UE25 durante la década de 1960, hasta menos del 0,3% por año desde la década de 1980, y sigue disminuyendo ⁽⁵⁰⁾. La migración es ahora el factor más importante para el crecimiento de la población en la UE. Sin embargo, en los Nuevos-10 la población lleva descendiendo desde la segunda mitad de la década de 1990, debido principalmente a una disminución natural.

Se espera que la población de la UE25 permanezca prácticamente constante hasta 2030, aumentando en menos de un 1% sobre el nivel actual (véase la figura 3.1 y la tabla 3.1). El ligero incremento previsto en la

Figura 3.2 Hogares – desarrollo de la población 1990-2030



población de la UE15 (1,5% sobre la actual) contrasta fuertemente con la situación existente en los Nuevos-10, en los que se prevé un drástico descenso del 7%.

Hay que destacar que Polonia es una fuerza motriz clave para el cambio de la demografía de los Nuevos-10, ya que en la actualidad constituye casi el 50% de la población y se espera que esta situación continúe. Se prevé que la población total de los 31 estados miembro de la AEMA aumente un 3%, ya que el crecimiento muy rápido y continuado de la población turca (la población en el año 2030 será un 27% superior a la actual) se ve sólo compensado parcialmente por la disminución global de la población en los demás países candidatos (Bulgaria y Rumanía representan el 13% de la disminución total).

Si avanzamos dos o tres generaciones hacia el futuro, las previsiones son que la población mundial crezca desde los 6.300 millones de habitantes en el año 2003 a los 9.000 millones en el año 2050, fecha en la que se prevé que se estabilice ⁽⁵¹⁾. En el caso de la UE, se espera una fuerte disminución en la población total entre los años 2030 y 2050, con una reducción neta prevista de 27 millones de personas.

La distribución de edades en la UE es una preocupación creciente, sobre todo en relación con los gastos asociados a las pensiones, a la salud y a la duración de la vida laboral. Aunque la integración de los 10 nuevos Estados miembros en el año 2004 ha rejuvenecido en cierto modo la población de la UE, no ha podido invertir la tendencia al alza del coeficiente de dependencia de la tercera edad, que ha pasado del 30% en la década de 1960 al 39% actual en la UE25 ⁽⁵²⁾.

Se espera que esta tendencia continúe durante el periodo 2000-2030, aumentando el porcentaje de personas de más de 65 años con respecto a la población total desde el 15% al 25% en la UE15, y desde el 10% al 22% en los Nuevos-10. Una sociedad europea envejecida puede entrar en conflicto con los objetivos de la Agenda de Lisboa, que aspira a hacer de la UE «la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo para el año 2010». De acuerdo a esta estrategia, una economía más fuerte impulsará la creación de nuevos puestos de trabajo, además de políticas sociales y medioambientales que garantizarán el desarrollo sostenible y la integración social.

El tamaño medio de los hogares ha disminuido recientemente, haciendo que el número de hogares de la UE crezca mucho más rápido que la población (véase AEMA, 1999). Se espera que esta tendencia continúe, tanto en la UE15 como en los Nuevos-10, reduciéndose el tamaño medio de los hogares por debajo de 2,5 miembros para 2030. A pesar de la estabilidad de la población de la UE prevista para el periodo 2000-2030, este hecho conducirá a un marcado incremento en el número de hogares, lo que a su vez provocará un

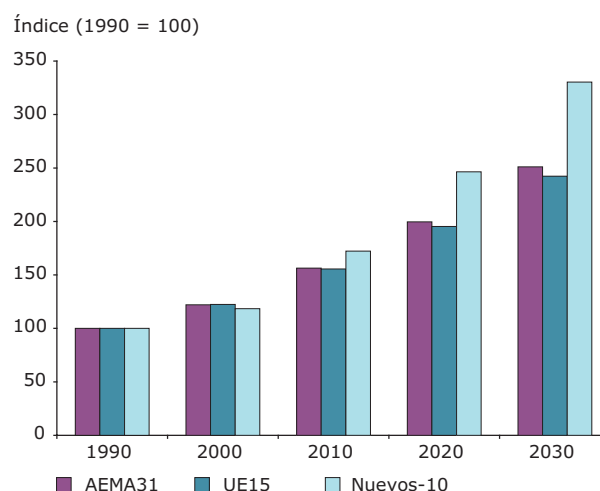
aumento del consumo medio *per cápita* y un aumento de la presión sobre el medio ambiente (véase la figura 3.2).

3.3 Macroeconomía

Las hipótesis macroeconómicas para Europa son moderadamente optimistas, y plantean retos desafiantes relacionados con la consecución de un desarrollo económico sostenible.

Como un primer factor determinante de cualquier actividad socioeconómica, las tendencias macroeconómicas impactan sobre el medio ambiente de diversas formas, con contribuciones importantes al cambio climático y al estrés hídrico en particular.

Figura 3.3 Ingresos – Crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) 1990-2030



Entre los años 2000 y 2030, se espera que el crecimiento económico medio anual en la UE sea del 2,4% ⁽⁵³⁾ (véase la tabla 3.2 y la figura 3.3) y que el Producto Interior Bruto (PIB) *per cápita* casi se duplique en la UE15 y se triplique en los Nuevos-10 ⁽⁵⁴⁾. Aunque se espera que la tasa de crecimiento medio anual en los Nuevos-10 sea del 3,5%, su peso económico en Europa seguirá siendo limitado, ya que el peso específico de su PIB en Europa sólo crecerá ligeramente, desde el 4,4% en el año 2000 al 6% en 2030. De acuerdo con el crecimiento económico experimentado durante la década de 1990 y los desarrollos económicos más recientes, estas hipótesis macroeconómicas se consideran moderadamente optimistas.

3.4 Desarrollos tecnológicos

El progreso tecnológico es moderado pero esencial en áreas clave como la energía, la agricultura y el agua, pero no se suponen grandes avances tecnológicos.

En esta sección se proporciona información acerca de las principales hipótesis realizadas sobre el campo tecnológico a nivel sectorial, que afectan de forma directa a la mayor parte de las preocupaciones existentes en Europa en materia medioambiental ⁽⁵⁵⁾.

En general, los efectos del aprendizaje tecnológico se traducen en una reducción progresiva del coste asociado a las tecnologías, a medida que la experiencia y el conocimiento se van beneficiando del diseño (I+D), la producción (capacidad instalada) y el uso (generación). Normalmente, este hecho afecta a las nuevas tecnologías en mayor profundidad que a aquellas que son más maduras, y para las que las oportunidades de mejora se desvanecen.

En el escenario de referencia, se han asumido las tasas de aprendizaje tecnológico para el periodo 2000-2030, y en particular para las tecnologías de generación de energía siguientes: CEC (cogeneración de electricidad y calor), TGCC (turbinas de gas de ciclo combinado), centrales eléctricas supercríticas (alimentadas por carbón), CLFP (combustión en lecho fluido presurizado) y células de combustible. En relación con las fuentes de energía renovables, la disminución en los costes, que conllevará una mejora en la competitividad y un mayor potencial de penetración en el mercado, irá acompañada, con el tiempo, de una disminución de los subsidios. Las siguientes tecnologías están afectadas por los efectos de aprendizaje «netos» en el escenario de referencia: eólica terrestre, hidráulica (por ejemplo hidroeléctrica), eólica marina y solar fotovoltaica.

El escenario de referencia asume un aumento significativo de las cosechas dentro del sector agrario europeo, en particular para los Nuevos-10 (véanse más detalles a continuación en el apartado dedicado a la agricultura). La principal mejora en la productividad ganadera se espera en la producción de leche, que aumentará en la UE en más de un 25% en el año 2020 con respecto a los niveles de 2001, es decir, a 7.200 kg de media anual por vaca lechera. Se supone que la cantidad de sacrificios o matanzas permanecerá prácticamente constante a lo largo de este periodo para el ganado vacuno, porcino y de aves de corral, así como la cantidad de huevos procedentes de aves ponedoras. En general, los aumentos de rendimiento y las mejoras técnicas en la agricultura han favorecido un uso intensivo del suelo, que ha dañado el medio ambiente. El efecto de las mejoras significativas en los sistemas productivos y en la eficiencia de las aplicaciones ha sido evaluado en el escenario de «mejor práctica», tal y como se explica en el recuadro 3.2.

Un factor clave en la eficiencia del consumo del agua es el tipo de sistemas de refrigeración en el sector eléctrico (sin recirculación frente a torres de refrigeración);

las tecnologías de generación eléctrica basadas en refrigeración sin recirculación suponen un gasto de 180 m³/MWh comparado con los 4,5 m³/MWh para aquellas con torres de refrigeración. En el escenario de referencia, se supone que cualquier nueva central eléctrica que entre en funcionamiento utilizará torres de refrigeración: este hecho provocará una drástica reducción en las captaciones de agua cuando sustituyan las plantas que se retiren del servicio, basadas principalmente en sistemas de refrigeración sin recirculación. Si, además, el aumento en la demanda de electricidad se satisface mediante la construcción de nuevas centrales, sólo se tendrá un efecto marginal sobre las captaciones de agua en comparación con lo que solía ocurrir con el uso de los sistemas de refrigeración sin recirculación. Sin embargo, los sistemas de refrigeración sin recirculación retornan virtualmente toda el agua extraída (sólo se evapora el 0,5%), mientras que los sistemas con torres de refrigeración sólo retornan aproximadamente el 70% (el 30% se evapora). Un cambio tecnológico de tales características implica que el hecho de reducir la captación de agua no reducirá necesariamente su consumo. Lo anterior provocará un estrés hídrico adicional sólo en ciertas ubicaciones, especialmente en relación con los impactos del cambio climático. Por otro lado, desde un punto de vista medioambiental, la existencia de más sistemas basados en torres de refrigeración reduciría el posible impacto de los caudales retornados sobre la calidad del agua, mientras que más sistemas de refrigeración sin recirculación reducirían los posibles impactos de la evaporación sobre el microclima.

En relación al transporte, en el escenario de referencia no se han supuesto grandes avances tecnológicos en infraestructuras, ni en los modos de transporte. Es decir, no aparecen nuevas alternativas tecnológicas a los vehículos actuales basados en combustibles líquidos, tales como biocombustibles, electricidad/híbrido, células de combustible o de hidrógeno o vehículos de gas natural, que penetren en el mercado de manera significativa ⁽⁵⁶⁾.

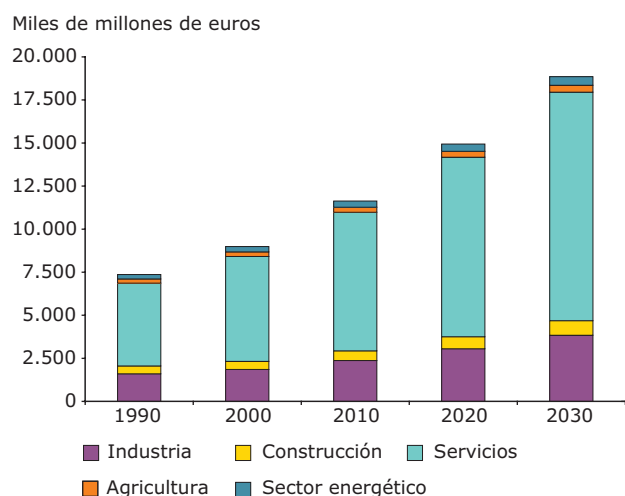
3.5 Desarrollos sectoriales

Se espera que el sector de servicios conserve su preponderancia en la economía europea y sea un instrumento para sostener el crecimiento económico.

Se espera que el crecimiento económico en los países miembros de la AEMA se produzca principalmente en los sectores de servicios e industrial (véase la figura 3.4).

Tabla 3.2 Ingresos – crecimiento del PIB 2000-2030

	PIB per cápita (1.000 euros, año 2000)					Tasa de crecimiento medio anual (%)			
	AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10		AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10
2000	17,1	19,7	22,6	5,3	2000-2010	2,5	2,5	2,4	3,8
2010	21,3	24,8	28,0	7,8	2010-2020	2,5	2,4	2,3	3,6
2020	26,9	31,3	34,9	11,5	2020-2030	2,3	2,2	2,2	3,0
2030	33,7	39,3	43,5	15,9	2000-2030	2,4	2,4	2,3	3,5

Figura 3.4 Valor añadido bruto por sectores, 1990-2030

Se espera que el sector servicios, que tiene un porcentaje actual del valor añadido bruto (VAB) de aproximadamente el 70%, crezca a una media anual del 2,7% y siga siendo el sector preponderante en la economía europea en el año 2020. Se cree que los «servicios de mercado» y las ramas «comerciales» serán las más dinámicas. Dentro de la industria, que mantendrá prácticamente estable su cuota de mercado del 20% sobre el VAB total desde el año 2000 al 2020 y tendrá un crecimiento medio anual del 2,5%, se espera que las ramas «productos farmacéuticos y cosméticos», «ingeniería» y «metales no férricos» sean las más dinámicas. En cambio, se espera que los sectores de la construcción, agricultura y energía disminuyan su cuota sobre el VAB total para el año 2020, representando respectivamente el 4,7% del total (10% por debajo del nivel del año 2000), el 2,3% (21% por debajo) y el 2,8% (18% por debajo).

A nivel de los UE15 y los Nuevos-10, se prevén evoluciones muy distintas. Por ejemplo, se espera que el sector agrario dentro de la UE15 disminuya su cuota sobre el VAB total del 2,5% en el año 2000 al 1,9% en 2020, (una reducción del 24%) y del 5,7% en el año 2000 al 3,6% en 2020 en los Nuevos -10 (reducción del 38%). En los Nuevos-10, se espera que el sector servicios represente un 62% del VAB total en el año 2020 (9% por encima del nivel del año 2000), mientras que el sector energético representará sólo el 2,9% en el año 2020 (45% por debajo de su nivel en el año 2000).

La renta que cada trabajador tendría que generar en el futuro puede considerarse como un indicador sintético, y una forma muy práctica de buscar las implicaciones combinadas de las hipótesis de crecimiento de la economía y de la población (véase la figura 3.5). Este indicador muestra que las hipótesis de crecimiento de la economía y de la población, que se consideran razonables cuando se analizan por separado, tienen implicaciones que dan que pensar y son de gran

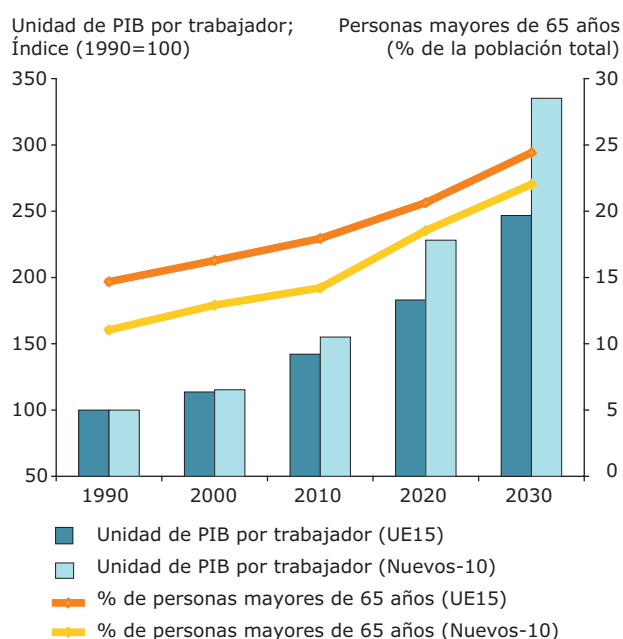
trascendencia cuando se analizan conjuntamente: para el año 2030, cada trabajador/a de la UE15 necesitaría generar una renta media que fuera el doble de la generada en el año 2000; en los Nuevos-10, la renta media debería triplicarse. Este aumento tendría implicaciones para el futuro desarrollo de los índices de actividad laboral y la edad de jubilación.

3.6 Pautas de consumo

Las presiones sobre el medio ambiente asociadas al consumo son, en general, inferiores a las asociadas a la producción, pero se espera, tal y como sucedió en el pasado más reciente, que ambas crezcan de manera significativa. Este cambio gradual de la carga sobre el medio ambiente es particularmente preocupante en el caso del consumo de alimentos, la vivienda, los viajes personales y el turismo ⁽⁵⁷⁾.

Las pautas de asentamiento tienen impactos considerables en determinadas ubicaciones sobre los recursos hídricos, el uso del suelo y el capital natural, particularmente en conexión con cambios en los estilos de vida y las preferencias sociales.

Las pautas de consumo tienen numerosos impactos sobre las actividades socioeconómicas y el medio ambiente europeo. La AEMA ha publicado un informe sobre estos temas denominado «Consumo doméstico y medio ambiente», que ha servido como fuente de información para el informe «El medio ambiente en Europa. Estado y perspectiva 2005 (SOER2005)». Incluye una revisión de la evolución en el pasado de las pautas de consumo y un ejercicio de exploración

Figura 3.5 Edad – Porcentaje de mayores de 65 años sobre la población total y requisitos de generación de renta por trabajador/a.

del futuro. El lector puede remitirse a dicho informe si desea más información.

Las pautas de asentamiento han demostrado ser extremadamente importantes en determinadas ubicaciones, por ejemplo en las costas mediterránea y atlántica, donde los efectos sobre el estrés hídrico y la biodiversidad son particularmente llamativos. Estas evoluciones están vinculadas a las pautas del estilo de vida que resultan de los desarrollos demográficos y económicos. Por ejemplo, una población envejecida implica más personas propietarias de una segunda residencia para disfrutar sus vacaciones, o que se trasladan de forma permanente a los centros turísticos de la montaña o de la costa, lugares que son particularmente vulnerables a las presiones sobre el medio ambiente. El sur de la UE es un ejemplo de lo anterior, donde los recursos hídricos y el uso del suelo están afectados con claridad por los cambios en los estilos de vida y en los valores sociales. Otro ejemplo son las personas que se alejan de la «expansión urbana» para mejorar su calidad de vida, lo que repercute en el uso del suelo y en el capital natural del campo.

3.7 Energía y transporte

A pesar del continuo crecimiento, se espera que en las próximas décadas el consumo total de energía se disocie del PIB de manera significativa en términos relativos, consolidando las mejoras ya introducidas en intensidad energética.

No se espera que la UE25 cumpla a nivel global con los objetivos normativos indicativos relacionados con las fuentes renovables de energía y con la cogeneración de electricidad y calor.

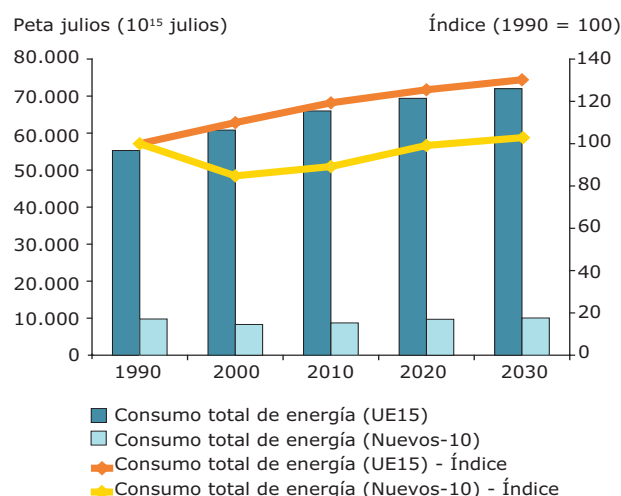
Se espera que en los próximos 30 años la demanda de transporte de pasajeros y mercancías se disocie relativamente del crecimiento económico, en línea con el objetivo político.

Sin embargo, sin grandes avances tecnológicos, se espera que el sector del transporte continúe creciendo de manera significativa en términos de necesidad de energía, lo que cristalizará en nuevas preocupaciones medioambientales debido a la emisión cada vez mayor de CO₂ a la atmósfera.

Los sectores energético y de transporte son los contribuyentes principales a problemas medioambientales, tales como el cambio climático, la contaminación atmosférica y el estrés hídrico. A continuación se muestra la evolución prevista en la demanda y el suministro energético.

Según las hipótesis de referencia, en Europa se espera un incremento continuo en la demanda de energía hasta el horizonte del año 2030 (véanse las figuras 3.6 y 3.7).

Figura 3.6 Consumo total de energía 1990-2030



Se espera que el consumo total de energía en los Estados miembros de la AEMA crezca un 20% en relación al nivel actual, con tasas de crecimiento anual muy similares en la UE15 y en los Nuevos-10 (alrededor del 0,6% anual de media). De especial interés es la drástica disociación que se espera se produzca en los Nuevos-10 (véase el recuadro 3.1 para una definición del concepto «disociación»). Sin embargo, los Nuevos-10 representan sólo el 12% del consumo de energía de la UE, por lo que su contribución final al total es limitada. En conjunto, se espera que la duplicación del PIB de la UE, que se producirá en el periodo 2000 a 2030, venga acompañada por un incremento del 19% en las necesidades energéticas, lo que representa un incremento importante en términos de intensidad energética. Este hecho se debe principalmente a los progresos a corto plazo de la demanda y a la penetración de tecnologías eficientes en el sector de la producción energética (véase el apartado anterior sobre desarrollos tecnológicos).

En relación a la demanda total de energía, se espera que en el horizonte del año 2030 todos los sectores se disocien relativamente del PIB. También se espera que tenga lugar un importante incremento en la intensidad energética en los Nuevos-10, en particular en la industria, donde la recuperación económica puede proporcionar oportunidades para las mejoras en la eficiencia y en las nuevas tecnologías. Las mejoras previstas también se pueden explicar por el aumento de la cuota del sector servicios en la economía, a costa de otras industrias tradicionales que, con frecuencia, consumen mucha energía (por ejemplo, hierro y acero, pulpa y papel, textil, etc.) y del propio sector energético. No obstante, el mayor desarrollo del sector servicios sigue siendo una de las fuerzas motrices clave de la demanda total de energía en la UE.

En el sector del transporte, se espera que la demanda energética total de la UE siga creciendo aproximadamente un 35% en el periodo 2000-2030, debido a un aumento

rápido de la actividad del transporte de pasajeros (53% más en términos de km *per cápita*) mientras que, por otra parte, se prevé que el transporte de mercancías disminuya ligeramente por unidad de PIB durante este mismo periodo (en un 6,5%). En los Nuevos-10, se prevé un incremento total del 80% desde el nivel del año 2000, aumentando la cuota del transporte sobre la demanda total de energía desde el 19% en el año 2000 hasta el 25% en 2030. Sin embargo, este hecho significa que, posiblemente, el nivel de demanda de transporte de pasajeros y de mercancías se disocie relativamente del crecimiento económico en los próximos 30 años, en línea con los objetivos políticos. Por otro lado, desde una perspectiva medioambiental, este hecho significa que, en ausencia de avances tecnológicos importantes (en infraestructuras o en los medios de transporte), se espera que el sector del transporte continúe creciendo de forma significativa en términos de emisiones atmosféricas. Se prevé que el consumo total de energía en los hogares crezca respectivamente un 20% y un 40% en la UE15 y en los Nuevos-10. En conjunto, se espera que el gas y la electricidad incrementen su predominio como portadores de energía en la demanda energética total de la UE (desde un 20%, aproximadamente, para cada uno de ellos en el año 2000, hasta un 24% en el año 2030).

También se prevé que la demanda eléctrica total (figura 3.7) se disocie relativamente del PIB, en particular en los Nuevos-10. Sin embargo, se espera que la electricidad siga siendo el principal portador de energía, en particular para los sectores domésticos y de servicios, y siga creciendo a una tasa media del 1,7% por año en el periodo 2000-2030; por tanto, también se prevé que la demanda de electricidad crezca un 50% durante este periodo.

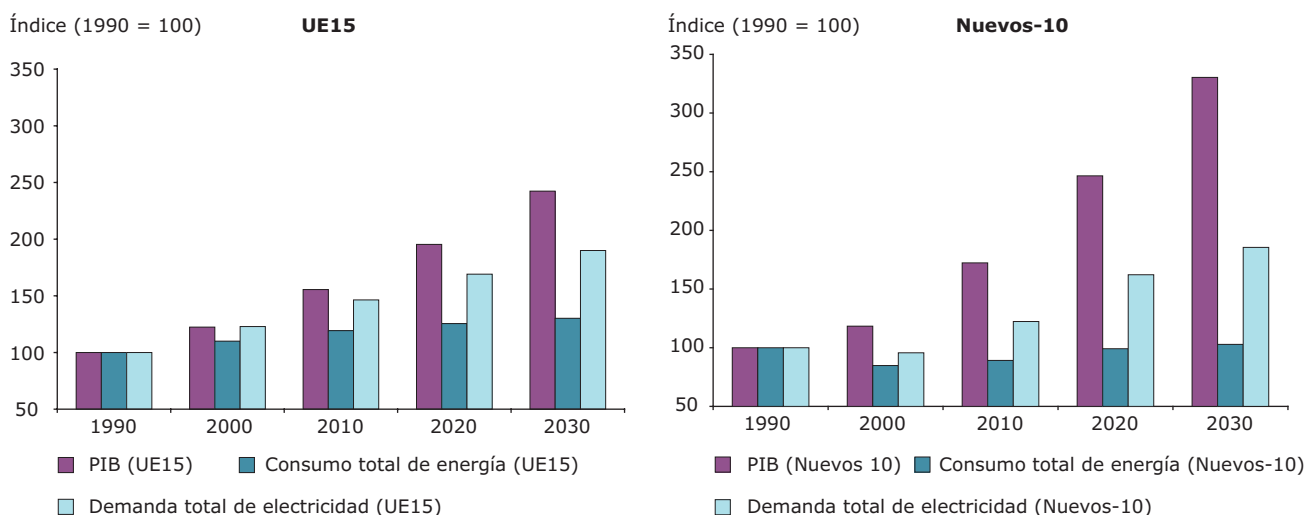
En relación con las tecnologías de generación de energía, el desarrollo más importante que se espera en los próximos 30 años en el escenario de referencia es una mayor penetración de las tecnologías basadas en gas, en detrimento, principalmente, de las unidades de ciclo

abierto y las plantas nucleares ⁽⁵⁸⁾: se espera que las cuotas de TGCC (turbinas de gas de ciclo combinado) y CEC (cogeneración de electricidad y calor) en la producción de electricidad aumenten respectivamente desde el 8,5% y el 12,5% en el año 2000 al 35% y el 16,5% en el año 2030, mientras que se prevé que las cuotas de las unidades de ciclo abierto y de las centrales nucleares caigan desde el 46% y el 32% en el año 2000 al 13,5% y el 17,5% en el año 2030, respectivamente. Desde el año 2015 en adelante, la penetración de las TGCC vendrá acompañada de un rápido crecimiento en unidades polivalentes supercríticas -alimentadas con carbón- (16% de la producción eléctrica en el año 2030) y de las tecnologías eólicas, que se espera que proporcionen un 7% de la electricidad en la UE para el año 2030 y que representen el 12% de la capacidad de generación ⁽⁵⁹⁾⁽⁶⁰⁾.

Se prevé que el uso de fuentes de energía renovables se incremente durante el periodo 2000-2030. Sin embargo, no se espera que la UE25 cumpla en conjunto con los objetivos normativos indicativos (tal y como fueron acordados antes de la ampliación de la UE) relacionados con las fuentes renovables de energía y con la cogeneración de electricidad y calor (CEC). Para el año 2010, se espera que las fuentes de energía renovables proporcionen únicamente el 7,5% de la energía total usada o el consumo interior bruto (el objetivo prefijado es del 12%) y únicamente el 15% de la producción de electricidad (el objetivo indicativo es del 22%). Se espera que la CEC proporcione el 16,5% de la producción eléctrica bruta total en el año 2030 (el objetivo es doblar la cuota global hasta llegar al 18%, sin plazos específicos).

En relación con la distribución modal del transporte, no se espera que se produzca ninguna sustitución tecnológica importante en el horizonte 2000-2030. La principal evolución en el transporte de pasajeros radica en el transporte aéreo, cuya cuota sobre el total se espera que pase del 5,5% al 10,5%, mientras que se prevén disminuciones en el transporte público por

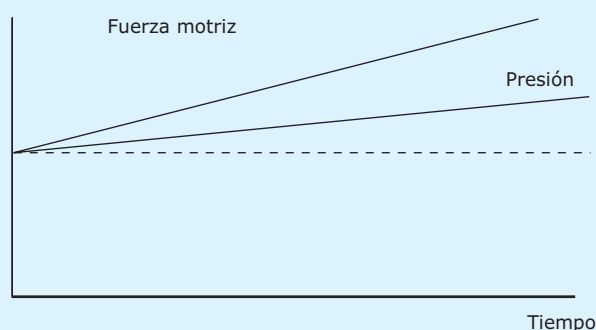
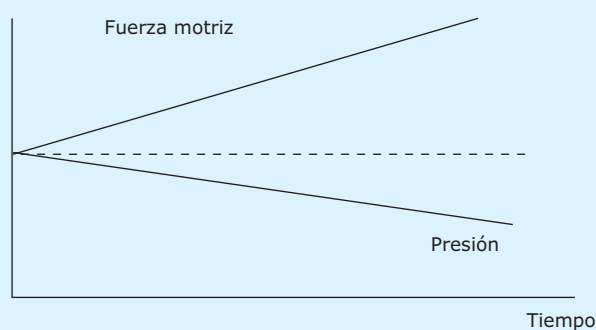
Figura 3.7 Consumo total de energía, demanda total de electricidad y crecimiento del PIB, 1990-2030



Recuadro 3.1 Definición del concepto de «disociación»

«Los indicadores de disociación describen la relación existente entre los dos primeros componentes del marco FPEIR, es decir, la de un cambio en la presión sobre el medio ambiente en comparación con un cambio en las fuerzas motrices en el mismo periodo» (OCDE, 2003).

La disociación se produce si la tasa de crecimiento de una presión sobre el medio ambiente (por ejemplo, la emisión de los gases de efecto invernadero o las cantidades de residuos) es inferior a la tasa de crecimiento de una fuerza motriz económica determinada (por ejemplo, el PIB) durante un cierto periodo de tiempo. La disociación relativa se produce cuando una presión sobre el medio ambiente continúa creciendo aunque con una velocidad inferior a la del factor motriz económico correspondiente. Se produce una disociación absoluta cuando disminuye una presión sobre el medio ambiente en un periodo de crecimiento económico.

Disociación relativa**Disociación absoluta**

carretera (desde el 9% al 6,5%) y, hasta cierto punto, en el transporte privado en coche o motocicleta (desde el 78% al 76%). Respecto al transporte de mercancías, se espera que los camiones aumenten aún más su predominio (desde el 69% hasta el 77,5% durante el periodo 2000–2030) a costa del transporte por ferrocarril (del 17% al 11%) y a la navegación interior (del 14% al 11,5%) ⁽⁶¹⁾.

Se prevé que los biocarburantes (es decir, el metanol y el etanol, incluyendo sus mezclas con gasolina y gasóleo) representen respectivamente alrededor del 1%, el 2% y el 4,5% de la demanda energética total para el transporte para los años 2005, 2010 y 2030; por lo tanto, no se espera cumplir con los objetivos propuestos (Directiva de biocarburantes 2003/30/CE) del 2% para 2005 y del 5,75% para el 2010 para los biocarburantes y otros carburantes renovables, calculados sobre la base del contenido de energía de todo el gasóleo y la gasolina utilizados para el transporte.

Se espera que el uso de los recursos energéticos nacionales disminuya aún más, lo que conllevará un aumento en la dependencia de las importaciones de la UE, pasando del 47% en el año 2000 al 67% en 2030, y se prevé que el valor de las importaciones netas de gas natural y sólidos (por ejemplo, hulla y lignito) serán más del doble de su valor actual. Esta evolución pone de manifiesto los cambios necesarios a largo plazo si Europa desea alcanzar la independencia energética, la seguridad de los suministros y la limitación de los impactos medioambientales asociados a la extracción de energía.

Desde la década de 1980, la ganancia media en intensidad de energía total ⁽⁶²⁾ en la UE25 se ha estimado alrededor del 2% anual (1,7% anual entre 1990 y 2000). Este hecho refleja en gran medida el cambio producido dentro de la industria, pasando de las actividades de gran consumo energético hasta otras menos dependientes energéticamente, el crecimiento sostenido del sector de servicios y las mejoras de las eficiencias tecnológicas.

En el escenario de referencia, la intensidad energética ha mejorado un 1,8% cada año (véase también la tabla 4.1.2 a continuación). Desde el punto de vista del suministro, las mejoras en la intensidad energética provienen principalmente de una mayor penetración de las TGCC (turbinas de gas de ciclo combinado) y de la CEC (cogeneración de electricidad y calor) en el sector de la producción eléctrica, en concreto, del 8,5% y el 12,5% en el año 2000, al 35% y el 16,5% en el año 2030 respectivamente ⁽⁶³⁾. Por lo tanto, la eficiencia de la producción térmica de vapor y electricidad ⁽⁶⁴⁾ aumentará desde el 49% en el año 2000 hasta un valor esperado del 61% en el año 2030. Se espera que la intensidad energética total por sectores ⁽⁶⁵⁾ disminuya para el año 2030 un 49% en la industria (1,7% por año), un 48% en el sector doméstico (1,6% por año), un 42% en el sector servicios (1,3% por año) y un 33% en el transporte (1% anual), todo ello comparado con los niveles de 1990. En el sector del transporte para pasajeros y mercancías, las mejoras en la intensidad de energía (en términos de tep por km) son del 27% y el 6% respectivamente a lo largo el periodo 2000–2030.

Finalmente, una continuación de los elevados y volátiles precios del petróleo a medio y largo plazo (los precios más bajo y alto del crudo Brent IPE en el año 2004, fueron de 29 y 52 dólares EE. UU. por barril) podría afectar de manera importante al sistema energético en las futuras décadas. Los mercados futuros y de avance para las materias primas energéticas reflejan evoluciones que afectan significativamente al equilibrio físico entre suministro y demanda a nivel global. En el caso del petróleo, el fuerte crecimiento económico de China y de la India (véase también el mercado global de acero), las incertidumbres geopolíticas en Oriente Medio y el miedo a las reducciones de suministros en Rusia y Venezuela, son los principales factores que condicionan la situación.

3.8 Agricultura

Se espera que la mayor parte de las tierras cultivadas se utilicen para pastos y para la producción de cereales (80% de la superficie total). Se prevé que el aumento del rendimiento sea la principal fuente del crecimiento de la producción en Europa en los próximos 20 años.

Se espera que continúe el cambio de la demanda de vacuno a aves de corral.

Se espera una reducción moderada de los excedentes de nutrientes para el año 2020

Se prevé un aumento considerable en el uso de los abonos minerales en los nuevos Estados miembros, pero en valores absolutos este consumo seguirá siendo inferior que en la UE15; todo ello puede conducir a incrementos en las presiones asociadas al medio ambiente

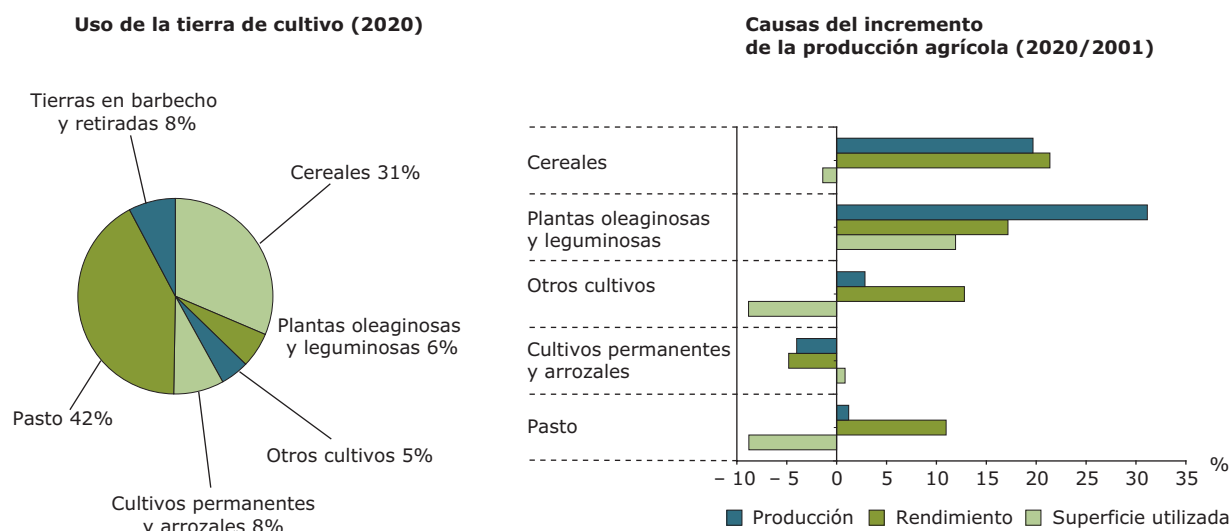
El cumplimiento de unas buenas prácticas en el uso de fertilizantes podría reducir de manera significativa las presiones sobre el medio ambiente.

En vista de los impactos medioambientales provocados por el uso de fertilizantes, la gestión de los abonos y las emisiones de origen animal sobre la calidad del suelo y del agua, la biodiversidad y el cambio climático, se presta una atención especial a las variables agrarias en términos de patrones de cosecha y ganado para el horizonte del año 2020. Las proyecciones cubren los 23 Estados miembros de la UE (en concreto, la UE15 y los 8 nuevos Estados miembros, a los que a partir de ahora nos referiremos de forma global como Nuevos-8; Chipre y Malta no están incluidos por falta de datos) ⁽⁶⁶⁾.

En primer lugar, tendremos en cuenta el uso esperado de la tierra de cultivo (véase la figura 3.8) ⁽⁶⁷⁾. Después de un aumento (5%) en la UE15 durante la segunda mitad de la década de 1990, se prevé que el área total de cereales existente en la UE (ampliada) permanezca bastante estable durante todo el periodo, alcanzando 52 millones de ha para el año 2020, cerca del 31% del total de tierra de cultivo. El ligero decrecimiento en el área de cereales para el horizonte del año 2020 refleja, principalmente, la aparición de una disociación de las retribuciones asociadas con la revisión a medio plazo de la Política Agrícola Común (PAC) y la reducción general en el nivel de apoyo. Se espera que la producción de trigo (trigo duro y blando), que es el principal cereal de la UE, conserve su predominio, con unos 23 millones de ha en el año 2020. Durante este mismo periodo, la cebada vería descender ligeramente la superficie cultivada.

Se prevé que la superficie dedicada al pasto, que supondrá el porcentaje más alto de las tierras dedicadas a la agricultura para el año 2020 (42%), experimente una importante disminución a lo largo de este periodo (cerca del 9%); esto se debe principalmente a una reducción en la demanda de pasto para los rumiantes ya que, a largo plazo, se espera una caída tanto en la demanda de la carne de vacuno como en el número de rebaños de vacas existentes. Se prevé que las tierras en barbecho y retiradas alcancen los 13 millones de ha en el año 2020

Figura 3.8 Agricultura: tierra de cultivo



(8% del total de la tierra de cultivo), aumentando en un 13% por encima de los niveles del año 2001. Esta cifra se debe a la duplicación esperada en los Nuevos-8, donde las tierras en barbecho aumentarán de forma considerable (anulando los desarrollos producidos en la UE15) y las tierras retiradas obligatoriamente progresarán, debido a una evolución a largo plazo de las áreas de *Grandes Cultivos*, pasando de pequeñas granjas, donde la tierra no tiene descanso, a otras de mayor tamaño ⁽⁶⁸⁾. Se prevé que estas áreas de cultivos y pastos permanentes permanezcan relativamente estables, representando el 8% de la tierra dedicada a la agricultura para el año 2020. En contraste, se espera que las áreas dedicadas al cultivo de plantas oleaginosas ⁽⁶⁹⁾ y leguminosas aumenten un 12% en el año 2020, hasta representar el 6% de las tierras de cultivo.

En claro contraste con la relativa estabilidad de la tierra de cultivo y cosechada, se prevé un crecimiento significativo del rendimiento a lo largo del periodo, que conducirá a un aumento global de los niveles de producción. Ciertamente, éste es el caso de los cereales, para los que se espera un incremento del 21% en el rendimiento que compensará la reducción de la superficie cultivada y conducirá a un incremento del 20% en la producción. Se esperan pautas similares para el pienso y otros cultivos, para los que los niveles de producción en el año 2020 serán similares a los obtenidos en el año 2001, como resultado de un aumento en el rendimiento. Las plantas oleaginosas y leguminosas muestran el aumento de producción más elevado (31%), debido a un aumento en el rendimiento (17%). Finalmente, la única actividad en la que se espera una disminución en la producción son los cultivos permanentes y arrozales (4%), ya que se prevé una disminución en su rendimiento.

Sin embargo, las pautas de rendimiento proyectadas varían considerablemente entre la UE15 y los Nuevos-8. En la mayor parte de las actividades que hemos analizado anteriormente, los Nuevos-8 presentan aumentos en el rendimiento que son, al menos, un 50% superiores que en el caso de la UE15 (cereales: 29% comparado con el 18%; otros cultivos: 26% comparado con el 8%; pastos:

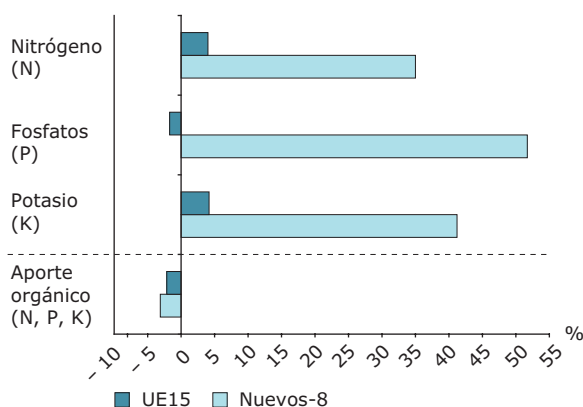
16% comparado con el 10%). Esta evolución prevista tiene una enorme importancia, ya que afecta drásticamente al uso de fertilizantes y, por tanto, a las presiones sobre el medio ambiente. Las plantas oleaginosas y leguminosas constituyen la única actividad en la que el aumento del rendimiento correspondiente a los Nuevos-8 es inferior que para el caso de la UE15 (4% comparado con un 20%). Sin embargo, en términos absolutos, los rendimientos obtenidos en la UE15 son mucho mayores que en los Nuevos-8 (cereales y otros cultivos, un 40% superior; plantas oleaginosas y leguminosas, un 60%; cultivos permanentes y arrozales, 470% y pasto un 30%).

En el sector cárnico, se prevé un aumento del 20% en la demanda de aves de corral (hasta 12,2 millones de toneladas para el año 2020), principalmente a expensas de la carne de vacuno, que desciende un 6%, hasta los 6,5 millones de toneladas. Este hecho se refleja en el tamaño de los rebaños, que se espera crezca para las aves de corral en un 21% hasta alcanzar los 6,6 millones de cabezas para el año 2020, mientras que para el ganado vacuno para carne y producción láctea y derivados disminuirá, respectivamente, en un 10% y en un 20% hasta los 23 y 20 millones de cabezas. Tras unos crecimientos importantes en la producción de carne de cerdo en las décadas de 1970 y 1980 y un estancamiento en la década pasada, se espera que la demanda crezca ligeramente hasta alcanzar los 20,2 millones de toneladas en el año 2020, lo que representará un 50% del mercado de la UE. Se prevé que el consumo de carne ovina y caprina siga siendo marginal en el sector cárnico (1,3 millones de toneladas en el año 2020). Se espera que en el año 2020, las cuotas relativas de la UE15 y Nuevos-8 en el mercado cárnico de la UE permanezcan prácticamente estables, alrededor del 87% y el 13%, aproximadamente.

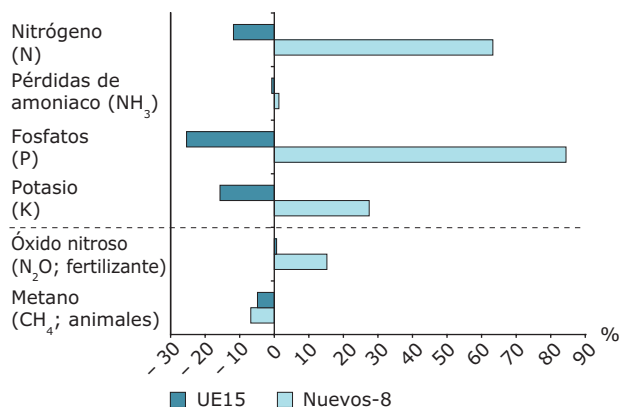
Estas evoluciones previstas reflejan cambios constantes en la dieta (es decir, en la demanda doméstica), lo que producirá, en particular, un aumento en la demanda de carne de ave, cerdo, vegetales y pescado a costa del vacuno, las patatas y los cereales. Además, el consumo de alimentos biológicos y precocinados está creciendo rápidamente ⁽⁷¹⁾.

Figura 3.9 Agricultura: presiones sobre el medio ambiente (2020/2001)

Uso de fertilizantes



Balance de nutrientes, pérdida de amoníaco y emisiones de GEI



Recuadro 3.2 Proyecciones agrarias: análisis de incertidumbre y escenarios alternativos

A continuación, se analizan los resultados de las diversas alternativas al escenario de referencia, abordando en particular los temas de la liberalización de los mercados de los productos de origen animal, las mejores prácticas en el uso de fertilizantes y la tasa de cambio euro/dólar EE.UU. (para más información, consulte Witzke *et al.*, 2004).

A nivel global, sólo el escenario de mejores prácticas conduce a cambios importantes en las presiones sobre el medio ambiente. Las mejoras técnicas «al final del proceso» asociadas a este escenario tienen, naturalmente, beneficios más importantes para el medio ambiente que para otras variables. El uso de unas mejores prácticas en la agricultura puede reducir de manera significativa las presiones sobre el medio ambiente, en particular en relación con los nuevos Estados miembros.

Reforma de la PAC ampliada: liberalización de los mercados de productos de origen animal

La PAC actual, que en el escenario de referencia se asume que continuará hasta el año 2020, produce un aumento en los precios de los productos de origen animal debido a la protección de las fronteras y a la intervención de los mercados, más allá del nivel que predominaría en ausencia de organizaciones del mercado común. Este escenario evalúa el impacto de una reforma de la PAC ampliada sobre indicadores medioambientales seleccionados asumiendo una liberalización continuada en el contexto de las negociaciones de la Organización Mundial del Comercio (OMC) para los mercados de los productos de origen animal. Se supone que la cuota láctea se abolirá al final del horizonte (2025 en este caso) y vendrá acompañada de una caída gradual en los costes administrativos para la mantequilla y la leche descremada en polvo y en los aranceles para los productos lácteos desde el 2011 en adelante. De igual manera, se eliminarán las intervenciones del mercado para la carne de vacuno y los aranceles para las distintas carnes y huevos. Como consecuencia, se supone que los precios del mercado de la UE serán idénticos a los precios fronterizos al final de este periodo.

La reducción de los costes administrativos para los productos lácteos y la eliminación de los aranceles provocará ajustes tanto en la explotación como a nivel de las empresas fabricantes de lácteos: unos precios más bajos de los productos derivados de la leche provocarán una disminución de la demanda de leche cruda por parte de las empresas lácteas, lo que conllevará una disminución de los precios de la leche (40%) y un descenso en el número de rebaños de vacas lecheras (9%). De forma similar, la caída de los precios de la carne de vacuno (36%), comparado con el escenario de referencia, reducirá la producción de carne de vacuno (4%). Al mismo tiempo, los precios de mercados para carne de ave (+ 28%) y porcina (+ 13%) se nivelarán con los mercados mundiales, y se ajustará el número de cabezas (– 5% para el ganado porcino y – 11% para las aves). Este ajuste disminuirá la demanda de forraje y conllevará una reducción de las zonas de pasto (2%) que, a su vez, provocará la expansión de otros tipos de cultivos (1% para los cereales).

La liberalización de los mercados de productos de origen animal conducirá a un cambio limitado en los indicadores medioambientales. Los excedentes en N, P y K disminuirán entre un 4 y un 5%, cifras menores de lo que cabría esperar. Las emisiones de gases (pérdidas de amoníaco, metano y óxido nítrico) también se reducirán entre un 2 y un 5% en comparación con el escenario de referencia.

Escenario de buenas prácticas en el uso de fertilizantes

En este escenario se ha evaluado el efecto de una significativa mejora en las prácticas de gestión en el empleo de fertilizantes, lo que describe una previsión más favorable para el medio ambiente asociada al sector agrario europeo. Tres grupos de parámetros han cambiado desde el año base en adelante (⁷⁰):

- (1) Pérdidas de amoníaco ligadas a la salida del nitrógeno orgánico de los animales: en los establos, se asume que el recorte alcanzará el 50%, mientras que unas instalaciones de almacenamiento plenamente cubiertas también disminuirían ampliamente las pérdidas vinculadas al almacenamiento. Del mismo modo, se asume que una mejor aplicación del estiércol reduciría las pérdidas de amoníaco durante la misma;
- (2) el N, P y K de los abonos orgánicos disponibles para su absorción por los cultivos han aumentado respectivamente hasta el 80%, 95% y el 95% del nitrógeno no perdido en forma de amoníaco;
- (3) la eficiencia global de las granjas cuando compensan las necesidades de nutrientes de los cultivos y las aplicaciones de fertilizantes: la tasa de sobrefertilización disminuye (5%) y los Nuevos-8 convergen hacia las prácticas de la UE15.

En resumen, las pérdidas de P y K se recortan en comparación con el escenario de referencia, entre el 80 y el 95%, y un 50% en el caso del N. Dependiendo del animal y del país, las pérdidas de amoníaco pueden verse reducidas hasta un 70%.

En el año 2020, se espera una reducción de los excedentes de N, P y K en comparación con el escenario de referencia de un 25%, 70% y 57%, respectivamente. Las emisiones gaseosas también se reducirán (pérdidas de amoníaco en un 51%, óxido nítrico natural en un porcentaje menor (12%), mientras que las emisiones de metano permanecerán inalteradas debido a la definición del escenario). El uso de abonos orgánicos aumentará fuertemente (entre un 60% y un 80%) sustituyendo a los abonos minerales (reducción del 30% al 60%).

Un euro más fuerte

La tasa de cambio en el escenario de referencia se ha fijado en 0,9 euros/dólar EE.UU. para el año 2001 y siguientes, en línea con las últimas hipótesis de la Comisión Europea («Perspectivas para los mercados agrarios en la UE 2004-2011 – Actualización para la UE25», DG Agricultura, julio 2004). Por ello, el euro se considera más débil que en las condiciones reales del mercado actual. Este escenario evalúa los posibles efectos de un euro más fuerte con un cambio de 0,75 euros/dólar, cercano a los niveles observados durante el año 2004. Este hecho implicaría menores condiciones comerciales para las mercancías agrarias, pero los aranceles de importación, el nivel de los costes administrativos y el régimen de las cuotas (leche) desalentarían la transmisión de los precios entre los mercados mundiales y de la UE y estabilizarían los precios. Los resultados muestran, por tanto, que el impacto global de un euro más fuerte daría como resultado una disminución en el tamaño de los cultivos, rebaños y presiones sobre el medio ambiente a corto y medio plazo. La misma conclusión sería válida para los indicadores medioambientales, donde los efectos específicos de diferentes productos se anularían entre sí.

En términos de presiones sobre el medio ambiente (véase la figura 3.9), nos centraremos en el uso de fertilizantes ⁽⁷²⁾, el balance de nutrientes, las pérdidas de amoníaco y las emisiones de GEI.

En relación con el uso de fertilizantes, se pronostica un considerable aumento en el consumo de abonos minerales para los próximos 20 años en los Nuevos-8. Se espera que el uso de abonos minerales nitrogenados (N), que representará aproximadamente un 60% del total de abonos minerales empleados en el año 2020, aumente alrededor de un 35% durante este periodo, mientras que el uso de fertilizantes con fosfatos (P) y potasio (K) aumentará en torno al 52% y el 41%, respectivamente. Estas cifras contrastan fuertemente con la situación en la UE15, donde se espera que el uso de abonos minerales permanezca bastante estable hasta 2020. Este hecho refleja, principalmente, las diferencias existentes entre la UE15 y los Nuevos-8 en términos de aumento de las tasas de aplicación y rendimiento ⁽⁷³⁾ ⁽⁷⁴⁾. También se prevé un crecimiento significativo en el uso de abonos minerales por ha para el año 2020 (38%, 55% y 44% para N, P y K respectivamente). Sin embargo, a pesar del aumento en el rendimiento, seguirá siendo significativamente menor en los Nuevos-8 que en la UE15 para el año 2020 (13% para N hasta 64,5 kg/ha, 10% para P hasta 20,5 kg/ha y 23% para K hasta 21 kg/ha). Por el contrario, se prevé una ligera disminución en el uso de suministros orgánicos sobre las cosechas para este periodo; en el año 2020 representará el 36% y el 27% del uso total de fertilizantes en la UE15 y en los Nuevos-8, respectivamente.

En la figura 3.9 se muestran los cálculos de los balances/excedentes esperados para los nutrientes ⁽⁷⁵⁾. En general, se espera una reducción moderada en los excedentes de nutrientes para el año 2020 (un 6%, 8% y 12% para N, P y K respectivamente). Una vez más, siguen existiendo diferencias notables entre las proyecciones para la UE15 y para los Nuevos-8. Se espera que en los Nuevos-8 los excedentes de nutrientes aumenten un 63% para el nitrógeno (N), 84% para los fosfatos (P) y 27% para el potasio (K) como consecuencia del gran incremento esperado en el uso de abonos minerales. En la UE15, se espera que los excedentes disminuyan un 12% para el N, un 25% para el P y un 16% para el K, debido a un uso estable de los fertilizantes y a un aumento en las exportaciones del producto cosechado. Para el año 2020, se espera que los excedentes de N, P y K en los Nuevos-8 sean del 14% para los dos primeros y del 11% para el tercero (estas cifras son del 8%, el 6% y el 7% en el año de referencia). Finalmente, durante este periodo no se espera un cambio en las pérdidas de amoníaco.

Respecto a los GEI, se prevé un aumento significativo de las emisiones de óxido nitroso en los Nuevos-8 (alrededor del 15%), en línea con las proyecciones sobre los fertilizantes. Por el contrario, se espera una disminución en las emisiones de metano del 5% y del 7% en la UE15 y en los Nuevos-8, respectivamente, a medida que el número total de cabezas de ganado

disminuya. En relación a las emisiones de gases, se espera que para el año 2020 los porcentajes de pérdidas de amoníaco, metano y óxido nitroso en los Nuevos-8 permanezca bastante constante (15%, 9% y 13%, respectivamente).

En el recuadro 3.2 se analizan las diversas variantes y escenarios alternativos relacionados con la agricultura.

3.9 Flujos de materiales y residuos

En la UE15, no se prevé una disociación significativa de la mayoría de los flujos de residuos con respecto al PIB y ninguno de ellos se disociará de manera absoluta. En los Nuevos-10, se prevé una disociación relativa de los residuos con respecto al PIB, en particular para los residuos urbanos.

Se prevé que la generación de residuos siga creciendo en toda Europa, por lo que no se va a hacer realidad el objetivo político de conseguir una disociación absoluta. Esta situación puede conducir a un aumento de las presiones sobre el medio ambiente y a un colapso de las capacidades de gestión de residuos en aquellos países que tengan una infraestructura menos desarrollada

En términos de flujos de materiales, se espera una disociación significativa relativa en la UE durante el periodo 2000-2020, en particular para los combustibles fósiles y la biomasa («modificación de cargas»).

La situación económica en Europa tiene un impacto significativo en la mayoría de los flujos de materiales y residuos.

La productividad de los recursos es unas cuatro veces inferior en los Nuevos-10 que en la UE15, pero durante la pasada década se han realizado progresos importantes. Este hecho ofrece oportunidades y cierto margen para acciones orientadas.

Puesto que el uso de los recursos y la generación de residuos acompañan a cualquier actividad económica y social, sus presiones sobre el medio ambiente tienen un gran alcance, y abarcan desde el cambio climático y la contaminación de las aguas hasta la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. Como se mencionó en el Sexto Programa de Acción Medioambiental de la UE ⁽⁷⁶⁾, disociar el uso de los recursos y la generación de residuos del crecimiento económico es un tema clave que debe ser abordado por la «Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales».

En las últimas décadas, hemos asistido a un aumento constante de los volúmenes de residuos –cada año se producen en la UE más de 1,8 billones de toneladas (es decir, 3,8 toneladas por persona en el año 2000 dentro de la UE15 y 5 toneladas por persona en Europa central y oriental) ⁽⁷⁷⁾. La generación total de residuos en la

UE15 aumentó casi el 13% entre 1990 y el año 2000. La mitad de estos residuos proviene de la industria manufacturera y de las actividades de construcción/demolición. Se ha aumentado el reciclaje de vidrio y papel, pero no con la suficiente rapidez como para reducir el volumen total de vertido de estos flujos de residuos. A pesar de que los porcentajes de reciclaje siguen creciendo, el depósito en vertedero sigue siendo el tratamiento más común para eliminar los residuos.

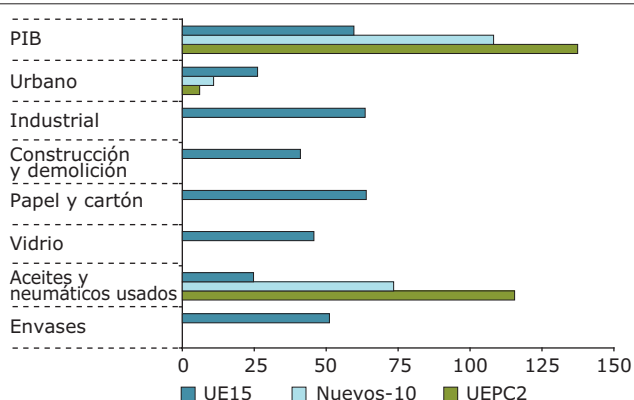
El 6PAMA de la UE identifica la gestión y prevención de residuos como una de las máximas prioridades, con el objetivo de conseguir una reducción global significativa en los volúmenes de los residuos generados (es decir, disociación absoluta).

En primer lugar, revisaremos las proyecciones de referencia sobre residuos, que incorporan la mayoría de los flujos de residuos significativos ⁽⁷⁸⁾ para la UE15: residuos urbanos, industriales y procedentes de la construcción y de la demolición, papel y cartón, vidrio, envases, aceites y neumáticos usados de coches. Debido a la falta de datos, sólo se han considerado los residuos urbanos, los neumáticos utilizados y los aceites usados de coches en los Nuevos-10 y en dos países candidatos de la UE (Bulgaria y Rumanía, UEPC2).

Se prevén las siguientes evoluciones en cuanto a cantidades de residuos (véase la figura 3.10) ⁽⁷⁹⁾:

- Para el año 2020, en la UE15 se prevé una disociación relativa de la mayoría de los flujos de residuos con respecto al PIB. Sin embargo, no se espera que ninguno de ellos se disocie de manera absoluta ⁽⁸⁰⁾. Los residuos industriales y el papel y el cartón muestran el mayor incremento (alrededor del 64%), seguido de los residuos de envases (50%). Se espera que los residuos urbanos ⁽⁸¹⁾ y los correspondientes a los aceites usados y neumáticos usados incrementen sólo un 25% durante este periodo.

Figura 3.10 Crecimientos en las cantidades de residuos y PIB (2020/2000) ⁽⁸²⁾



- En los Nuevos-10, se prevé una disociación relativa con respecto al PIB, en particular para los residuos urbanos, que se espera aumenten un 10% para el año 2020. Se esperan evoluciones similares en Bulgaria y Rumanía (6% de incremento). Aunque se prevé una disociación relativa bastante prometedora del PIB con respecto al aceite usado y a los neumáticos usados de los coches, todavía podrían aumentar estos residuos en torno al 70%. Este hecho se debe principalmente al fuerte crecimiento económico y al aumento en los gastos de los hogares durante este periodo, que son fuerzas motrices que impulsan el número de nuevas matriculaciones y de vehículos retirados de la circulación.
- En general, no se prevé el cumplimiento del objetivo político de conseguir una disociación absoluta, ya que la disociación relativa no consigue contrarrestar los aumentos en la generación de residuos.
- En términos absolutos, los flujos de residuos procedentes de la construcción y la demolición y de la industria continuarán siendo los contribuyentes más importantes a las cantidades totales de residuos producidos en la UE15, con unos 650 millones de toneladas por año para 2020. Se prevé que los residuos urbanos contribuyan con 250 millones de toneladas por año.
- España aparece como el país de la UE15 que tiene el mayor nivel de residuos urbanos por hogar (unas 2,2 toneladas en 2030), mientras que la media para los demás países es de aproximadamente 1,3 toneladas. En los Nuevos-10, la media se sitúa en torno a 1,2 toneladas por hogar.
- Las proyecciones sobre residuos de papel y cartón sugieren que, a largo plazo, apenas se va a reducir el uso de papel en Europa como consecuencia de la revolución de las tecnologías de la información ⁽⁸³⁾.
- Se ha estimado el impacto, en término de presiones sobre el medio ambiente, asociado a la próxima aplicación en la UE15 de la Directiva relativa al vertido de residuos ⁽⁸⁴⁾ para los residuos urbanos biodegradables ⁽⁸⁵⁾. Asumiendo el cumplimiento de los objetivos de esta Directiva ⁽⁸⁶⁾, se espera una reducción de los vertidos de residuos urbanos biodegradables cercana a 15 Mt en 2006, 28 Mt para 2009 y 41 Mt para 2016. Esta desviación hacia otras opciones de gestión de residuos reducirá anualmente las emisiones asociadas de gases de efecto invernadero (principalmente óxido nítrico (N_2O) y metano (CH_4)) en cerca de 31 Mt CO_2 eq. en 2006, 57 Mt en 2009 y 85 Mt en 2016. Estos ahorros representan el 0,8%, el 1,4% y el 2% respectivamente del total de las emisiones de GEI producidas en la UE15 en 2002 ⁽⁸⁷⁾.

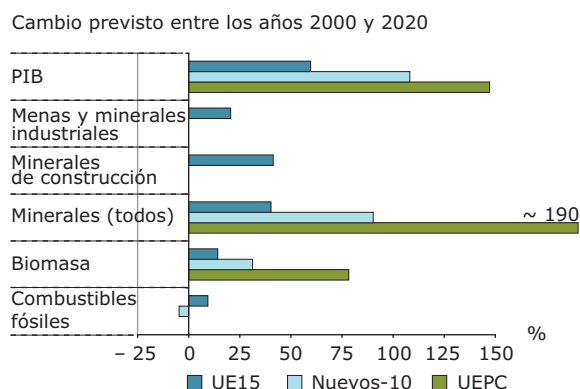
A continuación revisamos las proyecciones de referencia para los flujos de materiales, que abarcan los minerales y las menas industriales, los minerales para la construcción, los combustibles fósiles y la biomasa en la UE15 ⁽⁸⁸⁾. Debido a que la serie histórica está limitada en el tiempo, todos los minerales se han proyectado como un único agregado (es decir, menas y minerales para la industria y la construcción) para los Nuevos-10 y tres países candidatos de la UE (Bulgaria, Rumanía y Turquía, UEPC). Se pueden resaltar las siguientes características (véase la figura 3.11):

- En la UE15 y en los Nuevos-10 se espera una disociación relativa importante entre el PIB y los recursos naturales importados en la UE, hecho que se debe al agotamiento gradual de los recursos nacionales y a la competencia económica de los recursos naturales que no son de la UE. Estas evoluciones reciben el nombre de «modificación de cargas» ⁽⁸⁹⁾.
- En términos absolutos, se espera que la biomasa y los minerales de la construcción sean los mayores contribuyentes a los flujos de materiales en la UE15, representando, respectivamente, 3,8 y 1,6 miles de millones de toneladas por año en el 2020.
- Se prevé un crecimiento de las menas y minerales de construcción e industriales próximos al 190% en Bulgaria, Rumanía y Turquía, como resultado de un fuerte crecimiento económico (cercano al 147% entre el año 2000 y 2020).
- La productividad de los recursos (o la eficiencia en el flujo de los materiales) es casi cuatro veces inferior en los Nuevos-10 que en la UE15, pero se ha observado un incremento significativo del 2,6% anual durante el periodo 1992–1999 ⁽⁹⁰⁾. Ampliando el horizonte temporal, se espera que en los Nuevos-10 la productividad de los recursos aumente alrededor del 50% para el 2020 (un 2% anual de media, alcanzando 0,5 euros de PIB por kg de recurso usado), mientras que la productividad de los recursos en la UE15 aumentará en una cifra próxima al 25% (1,9 euros de PIB por kg en el año 2020)

En el recuadro 3.3 se analiza la variante de «bajo crecimiento económico» para los flujos de materiales y residuos.

A la luz de estas proyecciones pueden destacarse varios desafíos emergentes y relevantes desde el punto de vista político. La importancia de las acciones políticas que abordan la gestión y la prevención de los residuos es notable ya que, si en un futuro aumentan las cantidades de los residuos, pueden ponerse en peligro los límites de las opciones de gestión de residuos, en particular en determinadas ubicaciones ⁽⁹¹⁾. En relación con los flujos de materiales y la productividad de

Figura 3.11 Incrementos en las cantidades de flujos de materiales y PIB (2020/2000)



los recursos, los Nuevos-10 cuentan con importantes oportunidades para beneficiarse de la transferencia tecnológica (véanse los artículos 2.5, 8.2 (i (e)), 8.2 (iii (c)) y 5.5 del 6PAMA) y para materializar su potencial de mejora.

Los datos disponibles sobre las cantidades de residuos son escasos, en particular en el caso de los Nuevos-10. La incertidumbre que rodea las proyecciones puede por tanto ser elevada y habrá que revisar los resultados en función del enfoque metodológico utilizado y de los datos adicionales disponibles a nivel nacional.

Parece que también será necesario un mayor desarrollo de las perspectivas actuales para los flujos de materiales y residuos, en particular de las que guardan relación con las presiones sobre el medio ambiente y el daño económico. Un tema clave es hasta qué punto las opciones tecnológicas, de gestión y políticas disponibles en la UE, a niveles locales o nacionales, pueden reducir las presiones sobre el medio ambiente, en particular en respecto al reciclaje, la incineración y los vertederos y sus emisiones asociadas.

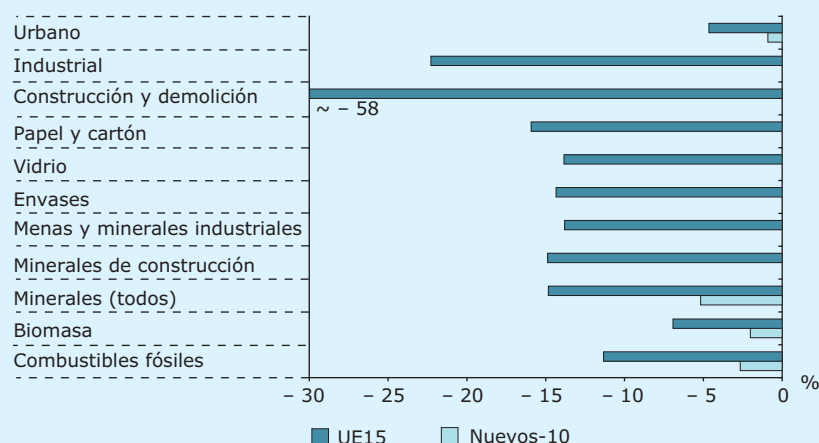
Sin embargo, en vista de cuáles son las presiones y las fuerzas motrices clave sobre el medio ambiente europeo que se han descrito anteriormente, y sin anticipar los impactos medioambientales que se presentan en el capítulo 4, debemos resaltar la probabilidad de evoluciones medioambientales insostenibles en el escenario de referencia. De hecho, el análisis apunta a un aumento previsto en el crecimiento y el bienestar económicos que (en ausencia de grandes avances tecnológicos o sectoriales y de políticas medioambientales que estén orientadas a las pautas de consumo y producción) es probable que incrementen la presión y el impacto sobre el medio ambiente europeo.

Tal y como se ha indicado en el capítulo de introducción, uno de los objetivos de estas perspectivas del medio ambiente europeo es prestar la atención

Recuadro 3.3 Perspectiva de flujos de materiales y residuos: variante «bajo crecimiento económico»

Como la perspectiva de la generación de residuos y de flujos de materiales está basada en un modelo macroeconómico (véanse los detalles en el Anexo 2), se ha desarrollado una variante de «bajo crecimiento económico» del escenario de referencia para valorar el impacto (marginal) que la situación económica global en Europa tendría sobre dichas fuerzas motrices medioambientales. Se ha estimado ⁽⁹²⁾ que unas hipótesis moderadamente pesimistas conducirían a tasas de crecimiento anuales medias del 1,6% (UE15) y 3,2% (Nuevos-10) a lo largo del periodo 2000–2030 para las distintas regiones europeas. En el escenario de referencia, las hipótesis de crecimiento varían del 2,3% (UE15) al 3,5% (Nuevos-10), crecimiento que se considera como moderadamente optimista. En términos de PIB *per cápita* en los países miembros de la AEMA, existe una disminución de 5.600 euros comparados con el escenario de referencia para el año 2030. Puede verse información más detallada en el recuadro 4.1.

Los resultados de esta variante sugieren que la situación económica en Europa impacta de forma más perceptible sobre los flujos de residuos y de materiales, con una disminución media del 15%. Los residuos correspondientes a demoliciones, construcción e industria muestran la mayor sensibilidad al crecimiento del PIB (-58% y -22%, respectivamente) y este resultado parece razonable. Se estima que los efectos en los Nuevos-10 son inferiores que en la UE15, ya que su crecimiento económico se ha visto reducido en menos de un 10%, mientras que en la UE15 se supone que la disminución producida será de un 30%. Por tanto, la elasticidad de los flujos de materiales y residuos con respecto a un crecimiento del PIB (es decir, con respecto a la media) se estimaría aproximadamente en 0,5 y 0,35 en la UE15 y en Nuevos-10, respectivamente.

Generación de residuos y flujos de materiales: escenario de un bajo crecimiento económico frente al escenario de referencia (2020)

debida a los vínculos existentes entre los distintos temas medioambientales, en términos de fuerzas motrices, impactos y respuestas políticas. En este capítulo se han analizado las fuerzas motrices clave y las presiones ejercidas sobre el medio ambiente europeo, resaltando

las interrelaciones que existen entre ellas y los temas medioambientales y, por tanto, se facilita el camino para la realización de un análisis integrado de las perspectivas de la AEMA (capítulo 4).

Recuadro 3.4 **Escenario de bajas emisiones de GEI** (también conocido como SEP (Trayectoria de emisiones sostenibles, *sustainable emission pathway*) o LCEP (trayectoria energética de baja emisión de carbono, *low-carbon energy pathway*)

El conjunto principal de medidas políticas que abordan las emisiones europeas de GEI es el Protocolo de Kioto, adoptado en diciembre de 1997 en la tercera Conferencia de las Partes (COP3) en el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Entró en vigor en el mes de febrero de 2005 ⁽⁹³⁾ y define un objetivo de reducción obligatorio para las emisiones de GEI en la UE15 del 8% de media para el periodo 2008-2012 en comparación con los niveles de 1990, y de un 6,7% para los ocho nuevos Estados miembros que tienen un objetivo dentro del Protocolo de Kioto ⁽⁹⁴⁾; el objetivo «combinado» para la UE es, por tanto, reducir sus emisiones en una media del 8% para el periodo 2008-2012 en comparación con los niveles de un año base (normalmente 1990).

El objetivo para la UE15 se ha negociado con sus Estados miembros, llegándose a un acuerdo de «reparto de cargas» (Consejo Europeo, 2002) que refleja los diferentes niveles de esfuerzo y contribución para cada país. En relación con los impactos del cambio climático, el paquete de políticas clave para la UE es el Sexto Programa de Acción Medioambiental (6PAMA), que define el objetivo sostenible a largo plazo para la UE: *«Por tanto, el Programa se regirá por un objetivo a largo plazo de un aumento máximo en la temperatura del planeta de 2°C con respecto a los niveles preindustriales y una concentración de CO₂ inferior a 550 ppm. A más largo plazo, es posible que ello requiera una reducción global del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990, según los datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)» (Artículo 2, párrafo 2).*

Recientemente, en el Consejo de Medio Ambiente de la UE del 10 de marzo de 2005 se reafirmaron las conclusiones del Consejo de Medio Ambiente celebrado en diciembre de 2004 (que confirmó el objetivo de no incrementar la temperatura global a largo plazo en más de 2° C por encima de los niveles preindustriales) y además se mencionó que (1) *«la investigación y el trabajo científicos recientes del IPCC indican que no es probable que la estabilización de las concentraciones por encima de las 550 ppmv de equivalente en CO₂ sean coherentes con el cumplimiento del objetivo de los 2° C, y que para tener una posibilidad razonable de limitar el calentamiento de la Tierra a no más de 2° C, puede ser necesaria una estabilización de concentraciones muy por debajo de 550 ppmv de equivalente en CO₂»* y (2) *«la UE espera explorar con otras Partes las posibles estrategias para lograr las necesarias reducciones de las emisiones y considera que, en este contexto, deberían estudiarse trayectorias de reducción del grupo de países desarrollados del orden de 15-30% para 2020 y de 60 -80% para 2050, respecto del valor de referencia del Protocolo de Kioto».*

Para complementar el escenario de referencia, la AEMA ha desarrollado un escenario de cambio climático alternativo que aspira a identificar las implicaciones del objetivo sostenible a largo plazo de la UE, tal y como se definió en el 6PAMA para futuras pautas de emisiones de GEI, evoluciones sectoriales y costes de las políticas. Este escenario, conocido como «bajas emisiones de GEI» asume, por lo tanto, una profunda reducción de las emisiones de GEI en Europa a lo largo del presente siglo. Este escenario guarda ciertas similitudes con iniciativas, estudios y debates políticos actuales suscitados en la UE ⁽⁹⁵⁾ en torno a las políticas de cambio climático de largo alcance. Una característica común de estas iniciativas es evaluar las necesidades a partir del año 2012 para alcanzar los objetivos sostenibles a largo plazo.

Resulta esencial evaluar la viabilidad tecnológica de la reducción drástica de las emisiones de GEI en la UE, y existen muchas implicaciones posibles. En este contexto, el escenario de bajas emisiones de GEI aspira a proporcionar una evaluación de la magnitud del reto y conocer cuáles son las posibles consecuencias mayores para la UE. Los objetivos de reducción de GEI en la UE derivan de la hipótesis de una reducción de las emisiones *per cápita* y de convergencia a nivel global para el año 2075, en línea con el objetivo a largo plazo de un aumento máximo global de la temperatura de 2° C sobre los niveles preindustriales y una estabilización de las concentraciones en 550 ppmv en equivalente de CO₂. Los hitos son un 20% de reducción para el año 2020 en comparación con los niveles de 1990, un 40% para el año 2030 y un 65% para el año 2050.

En el capítulo 4 se estiman y muestran los impactos medioambientales o efectos en cadena relacionados con un escenario de bajas emisiones de GEI en términos de estrés hídrico y flujos de materiales. Estos impactos reflejan el carácter integral de las perspectivas realizadas por la AEMA que incluyen la evaluación retrospectiva de los desarrollos y los efectos de retroalimentación sobre las fuerzas motrices.

4. Cambios en el medio ambiente europeo

4.1 Enfoque sobre las emisiones de GEI y el cambio climático

Mensajes clave

Si se tienen en cuenta únicamente las medidas y políticas nacionales existentes (a mediados de 2004), se espera que las emisiones en la UE para el periodo 2008–2012 disminuyan menos de un 3% con respecto a los niveles de 1990, en comparación con el 8% previsto en el Protocolo de Kioto. Sin embargo, teniendo en cuenta los últimos desarrollos políticos (por ejemplo, el comercio de derechos de emisión con planes de asignación nacionales evaluados y adoptados por la Comisión Europea en la segunda mitad de 2004) y suponiendo que los Estados miembros implanten todas las políticas, medidas adicionales y los proyectos con terceros países que están planificando en la actualidad, incluyendo diversos recortes en emisiones que superan sus obligaciones, es posible que la UE15 cumpla con el objetivo impuesto en el Protocolo de Kioto ⁽⁹⁶⁾.

Los análisis de sensibilidad y de incertidumbre muestran que el cumplimiento del objetivo del Protocolo de Kioto en la UE dependerá de manera significativa de la fortaleza de la economía y de posibles iniciativas adicionales, tales como una difusión mejorada de las fuentes de energía renovables. Además, existe una incertidumbre adicional que deriva del grado en que los países de la UE vayan a utilizar los mecanismos flexibles previstos en el protocolo de Kioto, que les permiten lograr sus objetivos fuera de la UE.

Para el año 2100, se espera que el cambio global de la temperatura esté por encima del objetivo sostenible a largo plazo definido en el 6PAMA (teniendo en cuenta las incertidumbres científicas y analíticas típicas de las evaluaciones de los impactos del cambio climático) ⁽⁹⁷⁾.

Se estima que es tecnológicamente posible lograr una reducción importante en la emisión de gases de efecto invernadero que sitúe a la UE en el camino de lograr los objetivos de cambio climático a largo plazo definidos en el 6PAMA, pero estas reducciones requerirían cambios sectoriales muy importantes (por ejemplo, en el sistema energético). Aunque este análisis tiene en cuenta los sectores y actividades que influyen en las emisiones de GEI, todavía debe efectuarse el análisis de los impactos económicos, utilizando las herramientas apropiadas para abordar los efectos macroeconómicos y sectoriales, los costes asociados a la falta de acción, las cuestiones de seguridad del suministro y el contexto socioeconómico como un todo.

Este capítulo analiza los cambios esperados en las emisiones de GEI y el clima que se prevén en los escenarios de referencia y «de bajas emisiones de GEI» para periodos y fechas clave, tales como 2008–2012, 2030 y 2100 ⁽⁹⁸⁾⁽⁹⁹⁾. Por definición, el escenario de referencia incluye todas (y únicamente) las políticas y medidas actuales e implantadas hasta mediados de 2004 ⁽¹⁰⁰⁾, es decir, no se ha realizado ninguna hipótesis sobre el desarrollo y la implantación de medidas y políticas adicionales en el horizonte temporal considerado.

Se han utilizado las proyecciones energéticas más actualizadas al nivel de la UE, es decir, aquellas indicadas en la proyección de referencia de la DG de Transportes «Tendencias europeas de la energía y el transporte para 2030» ⁽¹⁰¹⁾. Al ampliar dichas proyecciones a los impactos medioambientales en términos de cambio climático y contaminación atmosférica, la AEMA ha contribuido a desarrollar un conjunto completo de resultados dentro del marco de trabajo de referencia, también conocido como el modelo energético a largo plazo – escenario ampliado (LREM-E).

Esta proyección sirve de referencia para evaluar el progreso de los países de la UE hacia el cumplimiento de sus objetivos de emisiones de GEI según el Protocolo de Kioto, más que para las presentaciones de los inventarios realizadas según el mecanismo de supervisión de GEI de la Comisión Europea y a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y al programa Aire puro para Europa (CAFE) ⁽¹⁰²⁾.

4.1.1 Perspectiva de referencia sobre emisiones de GEI⁽¹⁰³⁾

En este apartado se describen las emisiones de GEI en la UE durante el periodo 2000–2030 según el escenario de referencia. Cubre los seis gases de efecto invernadero abordados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrocarburos fluorados (HFC), hidrocarburos perfluorados (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Se han proyectado los siguientes desarrollos (véanse la figura 4.1 y el recuadro 4.1 para conocer más detalles sobre la evaluación de incertidumbres del escenario de referencia) ⁽¹⁰⁴⁾:

- Resulta bastante improbable que los países de la UE15 puedan cumplir los objetivos expresados en Kioto contando sólo con las medidas y políticas nacionales actuales, ya que se espera un incremento en las emisiones de GEI a partir del año 2000 y en adelante ⁽¹⁰⁵⁾. Para el periodo 2008–2012, se espera que las emisiones de GEI en la UE15 estén cercanas al 1,1% por encima de los niveles de 1990, alcanzando 4.107 Mt equivalentes de CO₂ por año. Estas emisiones están un 10% por encima del objetivo de Kioto (es decir, no se cumple por 370 Mt equivalentes de CO₂). Este hecho se debe principalmente a la combinación de un crecimiento económico sostenido y a una carencia de incentivos para lograr cambios tecnológicos, en particular en el sector del transporte.
- Por el contrario, se espera que los países del grupo de Nuevos-10 cumplan con holgura sus objetivos de Kioto con las políticas y medidas nacionales actuales. Para el periodo 2008–2012, se espera que las emisiones de GEI de los Nuevos-10 (incluyendo Chipre y Malta que, sin embargo, carecen de objetivos en el Protocolo de Kioto) estén un 18% por debajo de los niveles de 1990, alcanzando unas 725 Mt equivalentes de CO₂ por año. Estas emisiones están un 11% por debajo del objetivo de Kioto (es decir, se cumple con una holgura de 89 Mt equivalentes de CO₂). Lo anterior se debe al hecho de que no se espera que los países del grupo Nuevos-10 se recuperen totalmente de la recesión económica de la década de 1990.
- Del mismo modo, únicamente con las medidas y políticas nacionales actuales, no se espera que la UE25 pueda cumplir de forma global los objetivos de Kioto en lo referente a las reducciones de emisiones de GEI para el periodo 2008-2012, ya que se cree que las emisiones van a ser sólo un 2,3% inferiores a los niveles de 1990. Esta cifra es un 6% superior al objetivo propuesto ⁽¹⁰⁶⁾.
- Para el año 2030, se espera que las emisiones de GEI de la UE sean un 8,4% superiores a los niveles de 1990 (un 12,1% superiores para la UE15 y 8,9% inferiores para los Nuevos-10), mientras que los países miembros de la AEMA presentarán unas emisiones de GEI un 13,2% superiores a las de los niveles del año 1990. En la UE, se espera que la fracción de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía aumente aún más, del 76% en 1990 (78% en 2000) al 80% en 2030. Se espera que los otros gases muestren sólo cambios marginales. Además, tampoco se esperan diferencias notables en la distribución de emisiones de GEI entre la UE15 y los Nuevos-10.
- En términos de emisiones *per cápita* dentro de la UE15 y de los Nuevos-10, estas evoluciones conducirían a una convergencia hacia el valor aproximado de 11,7 t equivalentes de CO₂ por año para 2030 (desde 10,5 y 9,5 respectivamente en el año 2000).

Figura 4.1 Emisiones totales de GEI en Europa 1990–2030 (escenario de referencia) ⁽¹⁰⁸⁾

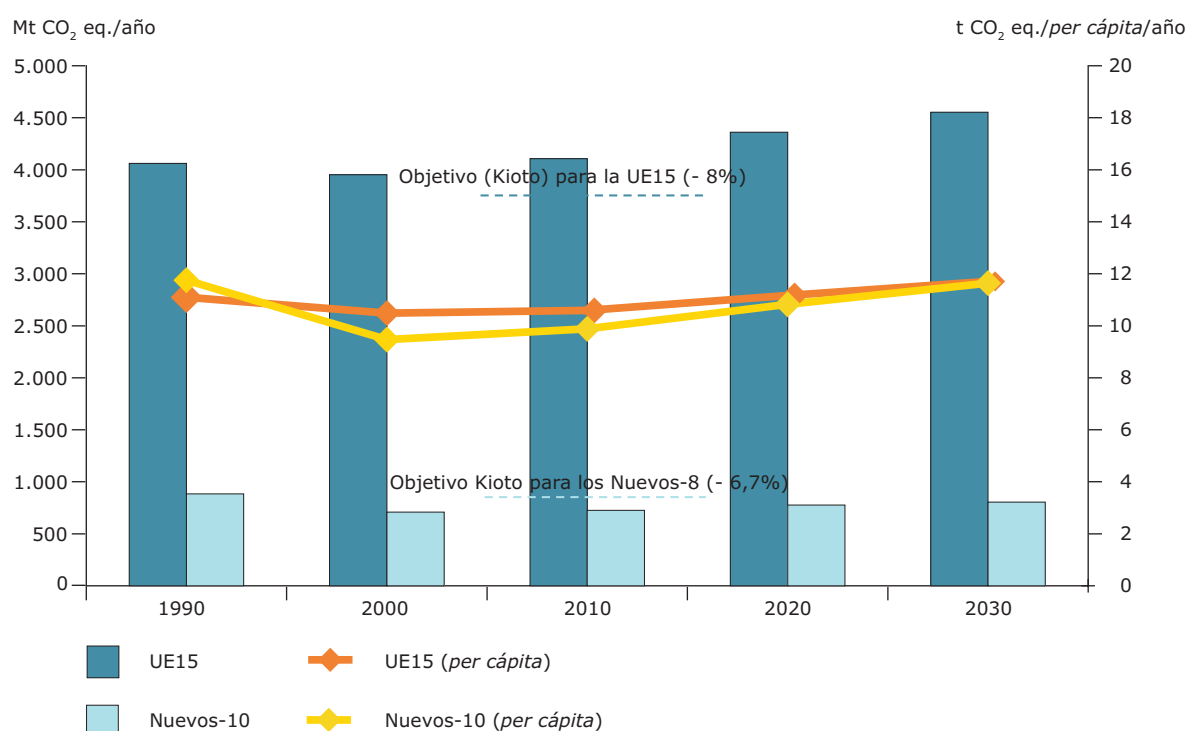
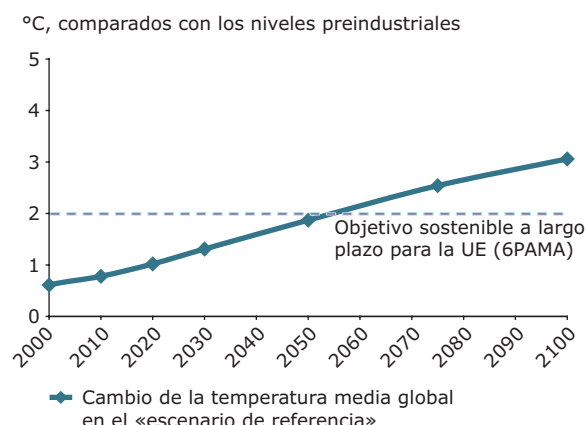


Figura 4.2 Cambio en la temperatura global 2000-2100 (escenario de referencia)

4.1.2 Perspectiva de referencia sobre el cambio climático

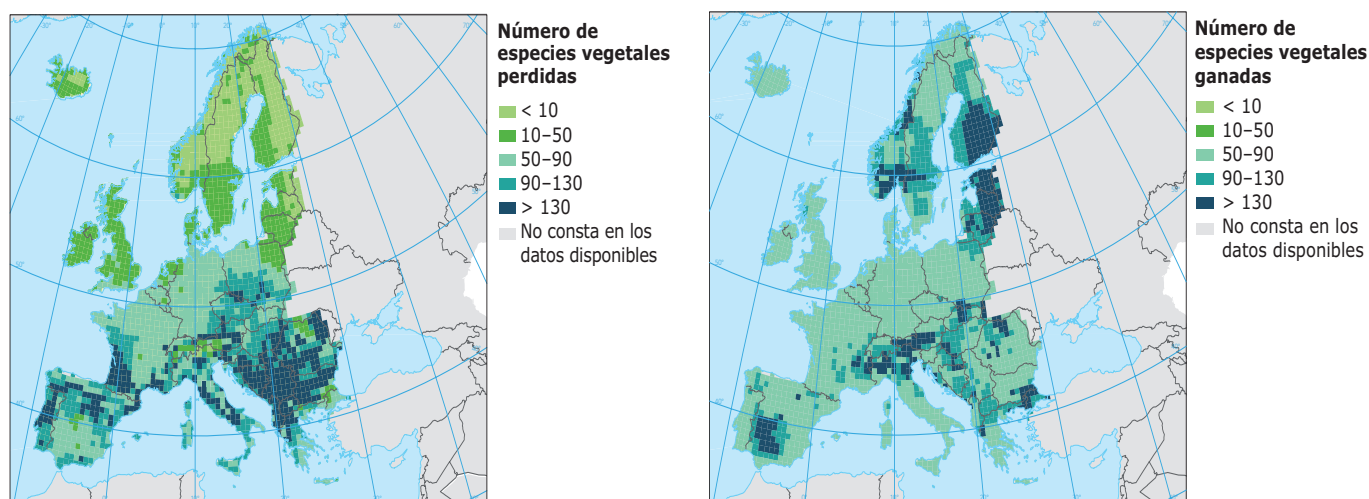
Este apartado describe los impactos medioambientales ⁽¹⁰⁷⁾ de la proyección del escenario de referencia para el cambio climático.

- En el periodo 2000-2100, el aumento previsto de la temperatura global por encima del nivel preindustrial es de aproximadamente 3,1°C (véase la figura 4.2). Este aumento está muy por encima del objetivo sostenible a largo plazo de un máximo de 2° C definido en el 6PAMA: este incremento se debe, naturalmente, tanto a las emisiones europeas de GEI como a las emisiones no europeas, por ejemplo, que representarán más del 90% de las emisiones globales en el año 2050. Dentro de Europa, el calentamiento más elevado se espera en las zonas sur y nordeste.
- Las proyecciones de los eventos climatológicos extremos (por ejemplo, sequías, olas de calor, inundaciones, heladas) se caracterizan por un elevado nivel de incertidumbre. Aunque el número anual de tales eventos ha aumentado en las recientes

décadas, no se puede definir con certeza hasta qué punto están relacionados con el cambio climático y qué pautas los están provocando. Sin embargo, para el final del presente siglo es muy probable que los inviernos fríos (es decir, los inviernos fríos que han tenido lugar una vez cada diez años entre 1961 y 1990) hayan desaparecido, mientras que casi todos los veranos de numerosas zonas de Europa serán más cálidos que los veranos más calurosos que se producían también hasta fechas recientes, sólo una vez cada diez años.

- Los efectos sobre la composición de los ecosistemas se evalúan en términos del número de especies vegetales ⁽¹⁰⁹⁾ (véase el mapa 4.1). Durante este siglo se espera que se produzcan cambios significativos en la distribución de las especies vegetales en Europa, en particular en la zona sudeste. Se prevé que la mayoría de los Estados miembros europeos pierdan más de 50 especies para 2100 en comparación con la situación del año 1995. También se prevé que los países escandinavos y bálticos ganen un número importante de nuevas especies, probablemente como resultado de las mayores temperaturas y de un mayor índice de precipitaciones debidas al cambio climático. Sin embargo, no se espera que la distribución de estas especies ganadas siga claramente la ubicación geográfica de los países y de sus climas asociados.
- El cambio climático también afectará a la duración del periodo de crecimiento vegetal y a la producción de biomasa. Se prevé que la mayoría de los países europeos (alrededor de un 85%) experimenten un aumento en la duración del periodo de crecimiento para el año 2100; al sur de los 40 grados de latitud se espera una reducción en su duración y que se produzca un aumento del estrés causado por la sequía.

Los resultados obtenidos en la proyección de referencia y sus implicaciones para el medio ambiente europeo demuestran lo importante que resulta establecer qué tipo

Mapa 4.1 Impacto del cambio climático sobre el número de especies vegetales (en 2100 según el escenario de referencia).

Recuadro 4.1 Análisis de sensibilidad e incertidumbre del escenario de referencia

Resulta de vital importancia evaluar las incertidumbres asociadas a las proyecciones del cambio climático (desde fuerzas motrices a impactos medioambientales). A continuación se muestran los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas para dos sensibilidades o variantes distintas del escenario de referencia: la primera evaluación supone un menor crecimiento económico en Europa, y la segunda considera una difusión y adopción aceleradas de fuentes de energía renovables.

Para el caso del escenario de «bajo crecimiento económico» (bajo crecimiento del PIB), se estima ⁽¹¹⁰⁾ que unas hipótesis moderadamente pesimistas conducirían a unas tasas de crecimiento medio anual comprendidas entre el 1,6% y el 3,2% durante el periodo 2000–2030 para las distintas regiones europeas. En el escenario de referencia, el rango de la hipótesis de crecimiento va del 2,3% (UE15) al 3,5% (Nuevos-10), crecimiento que se considera como moderadamente optimista. En términos del PIB *per cápita* en los países miembros de la AEMA, existe una reducción de 5.600 euros en comparación con el escenario de referencia para el año 2030. En el escenario de «aceleración de las energías renovables» (RES), los objetivos para la cuota de las energías renovables sobre el total del consumo energético son del 12% para el año 2010, del 16% en 2020 y del 20% en 2030. Para el sector de generación de energía, se han introducido subvenciones para alcanzar los objetivos del 27% en la generación de electricidad mediante sistemas renovables en el año 2020 y del 35% en el año 2030.

Hipótesis del PIB en el escenario de «bajo crecimiento económico» (2000–2030)

	PIB <i>per cápita</i> (miles de euros, año 2000)					Tasas de crecimiento medio anual (%) del PIB			
	AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10		AEMA31	UE25	UE15	Nuevos-10
2000	17,1	19,7	22,6	5,3	2000–2010	1,8	1,7	1,6	3,4
2010	19,9	23,0	25,9	7,5	2010–2020	1,9	1,8	1,7	3,4
2020	23,7	27,4	30,5	10,7	2020–2030	1,8	1,7	1,6	2,7
2030	28,1	32,6	35,8	14,5	2000–2030	1,8	1,7	1,6	3,2

En la variante de «bajo crecimiento del PIB», los principales cambios están relacionados con las emisiones de CO₂ (véase la tabla inferior). Durante el periodo 2008–2012, se estima que estas emisiones serán un 5,4% inferiores a la proyección de referencia, lo que provocará una reducción total de GEI del 7,4% en relación con los niveles de 1990 (se supone que los gases distintos al CO₂ siguen la misma pauta que en el escenario de referencia).

En la variante de «aceleración de las energías renovables», la principal diferencia con respecto a la proyección de referencia sigue siendo las emisiones de CO₂. Durante el periodo 2008–2012, se estima que estas emisiones serán un 4,5% inferiores al escenario de referencia, lo que provocará una reducción total de GEI del 6,5% en relación con los niveles de 1990 (se supone que los gases distintos al CO₂ siguen la misma pauta que en el escenario de referencia).

Emisiones de CO₂ en la UE25 (2000–2030)

(Índice 100 = 1990 y diferencia con respecto al escenario de referencia)			
	Referencia	Bajo crecimiento PIB	Escenario RES
2000	97,2	97,2 (0,0 %)	97,2 (0,0 %)
2010	99,7	94,2 (– 5,4 %)	95,2 (– 4,5 %)
2020	107,2	96,8 (– 9,7 %)	98,4 (– 8,2 %)
2030	114,2	99,1 (– 13,2 %)	99,2 (– 13,1 %)

Ninguna de las variantes anteriores introduce cambios suficientemente importantes como para suponer impactos medioambientales significativos durante los periodos de tiempo considerados.

Si se compara la variante de bajo crecimiento económico con la proyección de referencia, se puede concluir que el que Europa alcance o no los objetivos declarados en el Protocolo de Kioto, depende de manera significativa de la fortaleza de su economía. Además, la variante relacionada con las energías renovables pone al descubierto un importante potencial para reducir las emisiones de CO₂. En relación con los desarrollos a largo plazo, ambas variantes demuestran tener un elevado potencial para reducir las emisiones de CO₂.

de políticas son necesarias para lograr el cumplimiento del objetivo sostenible a largo plazo definido en el 6PAMA que, a su vez, resalta la necesidad de una profunda reducción en las emisiones globales de GEI a largo plazo. Esta situación se aborda a continuación mediante el escenario de bajas emisiones de GEI.

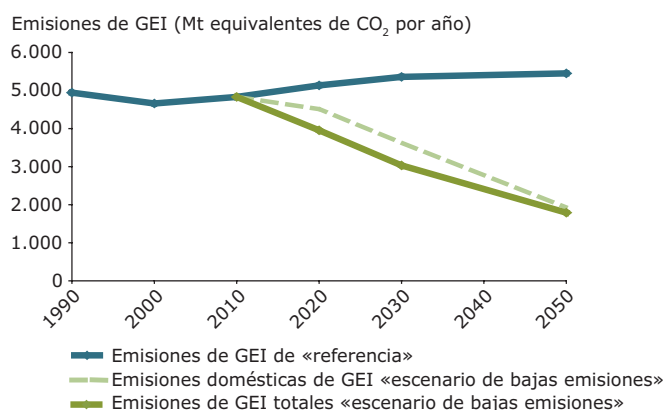
4.1.3 Escenario de «bajas emisiones de GEI»

Las principales características del escenario de bajas emisiones de GEI ⁽¹¹¹⁾ (véanse figura 4.3 y las tablas 4.1 y 4.2) son:

- A nivel global, las emisiones de GEI en la UE se reducirán para 2020 un 20% con respecto a los niveles de 1990, un 40% en el año 2030 y un 65% en el año 2050, siendo el 55% de la reducción del año 2020 el resultado del uso de mecanismos flexibles, un 32% para el año 2030 y un 8% en 2050. La creciente confianza en las acciones nacionales refleja el agotamiento gradual de las opciones más baratas para disminuir las emisiones de GEI, es decir, los mecanismos de desarrollo limpio y de aplicación conjunta. El coste marginal de reducción (MAC, *marginal abatement cost*) asociado con los objetivos del escenario (es decir, el precio del carbón) se estima en 30 euros/tonelada equivalente de CO₂ en 2020, 65 en 2030 y 115 en 2050.
- Para el año 2030, se espera que las emisiones de GEI en la UE disminuyan alrededor de un 32% en comparación con el escenario de referencia, y un 27% en comparación con los niveles de 1990. La principal contribución a esta reducción provendrá del metano (40% por debajo de los niveles de 1990), el óxido nítrico (26% inferior) y el dióxido de carbono (11% inferior). Los sumideros muestran un importante aumento y reducen las emisiones de GEI un 2,2% para el año 2030.
- En relación con el sistema energético europeo, la tabla 4.2 contrasta las evoluciones clave en comparación con el escenario de referencia. El consumo interior bruto de energía y la demanda total de energía se reducen aproximadamente un 10% en el año 2030, en comparación con el escenario de referencia. Las restricciones de carbono dan lugar a una mejora de la intensidad energética, pero las necesidades energéticas siguen creciendo en todos los sectores.

Uno de los principales cambios inducidos por el escenario de bajas emisiones de GEI guarda relación con el sector de generación de energía en términos de la cantidad de combustible. En particular, el porcentaje de residuos sólidos se reduce de manera significativa en comparación con el escenario de referencia, y existe un mayor despliegue de las energías renovables ⁽¹¹²⁾. En el recuadro 4.2 se analizan los efectos de retroalimentación sobre la evolución de los combustibles fósiles. A nivel global, los resultados muestran que resulta más difícil para

Figura 4.3 Emisiones de GEI en la UE 1990-2050



el sistema reducir la demanda global de energía que modificar la mezcla de combustibles energéticos, ya que las políticas relacionadas con las emisiones de GEI afectan principalmente al suministro, que se caracteriza por una mayor flexibilidad y capacidad de reacción a los precios.

- La dependencia de la UE con respecto a las importaciones de energía se reducirá moderadamente en el año 2030 en comparación con la proyección de referencia, es decir, un 62% en lugar del 67% ⁽¹¹³⁾. Este hecho se debe a la reducción global de las necesidades energéticas en la economía: el consumo interior bruto aumentará sólo un 10% en el periodo 2000-2030, es decir, una reducción del 8% en el año 2030 en comparación con el escenario de referencia. Las importaciones de gas natural casi se triplican en el periodo 2000-2030, mientras que las importaciones netas de sólidos (por ejemplo, hulla y lignito) se reducen de manera importante (alrededor de un 55%) y las importaciones netas de petróleo permanecen prácticamente constantes.
- Los costes adicionales asociados al suministro energético en el escenario de bajas emisiones de GEI se estiman alrededor de 63.000 millones de euros en el año 2030, sobre los 320.000 millones de euros en el escenario de referencia. En términos del PIB de la UE, que se prevé que crezca más del doble durante el periodo 2000-2030, estos costes representarán el 0,35% que, a su vez, se traduce en un incremento de más del 25% del coste medio de producción ⁽¹¹⁴⁾.
- Los costes energéticos adicionales relacionados con la demanda dentro del escenario de baja emisión de GEI (en comparación con el de referencia) se estiman en un 0,6% del PIB de la UE para el año 2030, a los cuales todavía habría que añadir los costes del transporte ⁽¹¹⁵⁾. Puesto que la estimación refleja los costes netos, es decir, tiene en cuenta los considerables ahorros debidos a una demanda energética inferior, ésta representa un coste nada despreciable. Se estima que el incremento en la factura energética de los hogares será de 110-120 euros por hogar en el año 2030 (sobre los 3.700 euros (2000) por hogar en el escenario de referencia).

- Todavía debe efectuarse la evaluación de los impactos económicos del escenario, utilizando las herramientas apropiadas para abordar de forma globalizada los efectos sectoriales y macroeconómicos, el coste de la inactividad, la seguridad de los suministros y el contexto socioeconómico. La evaluación actual tiene en cuenta los sectores y actividades que influyen en las emisiones de GEI, pero no analiza la posibilidad de alcanzar situaciones ventajosas para todos ⁽¹¹⁶⁾. Cabe destacar que si hubiera que tener en cuenta las retroalimentaciones de las restricciones del cambio climático sobre el nivel de actividad macroeconómica, los costes energéticos mencionados anteriormente serían inferiores, ya que al reducir la actividad económica se proporcionarían opciones adicionales de flexibilidad o de adaptación, además de la sustitución tecnológica.

Los impactos medioambientales correspondientes al escenario de bajas emisiones de GEI (véase también la figura 4.4 y el mapa 4.2) son:

- En función de la definición del escenario (el objetivo sostenible a largo plazo de la UE de que no se produzca un incremento de la temperatura superior a 2° C con respecto a los niveles preindustriales, tal y como se definió en el 6PAMA) ⁽¹¹⁷⁾ se espera que el incremento de la temperatura global durante el periodo 2000–2100 alcance los 1,9° C con respecto a los niveles preindustriales. Este incremento es 1,2° C inferior con respecto al del escenario de referencia. Dentro de Europa, se prevé que el suroeste sea la zona donde se evite el mayor incremento de temperaturas. En términos de concentraciones globales de GEI, el escenario conduce a una estabilización en torno a las 550 ppm equivalentes de CO₂ para el año 2100 (véase el recuadro 3.4), que es un 40% inferior que en el escenario de referencia.
- Se prevé un aumento de las precipitaciones medias anuales en Europa, próximo a un 2% para el año 2100 con respecto a la media del periodo 1961-1990, en comparación con el 3% de media en el escenario de referencia. Se estima que los mayores efectos en términos de un menor índice de precipitaciones se producirán en la Península Ibérica y el sudeste europeo (en particular los países balcánicos y Turquía).
- Se espera una reducción significativa en la pérdida de especies vegetales para el año 2100 en comparación

con el escenario de referencia, en particular en el sur y el centro europeo. Casi todos los países europeos muestran una disminución importante. Así mismo, se prevé una importante reducción en el número de especies ganadas en comparación con el escenario de referencia, en particular en el sudeste europeo y los países nórdicos.

- Se espera que el aumento en la duración de los periodos de crecimiento (que afectará a alrededor del 85% del continente) para el año 2100 sea un 50% inferior que en el escenario de referencia. Se prevé una reducción en la duración de los periodos de crecimiento al sur de los 40 grados, pero siempre con una intensidad menor que en el escenario de referencia.

Las incertidumbres asociadas al escenario de bajas emisiones de GEI han sido abordadas en mayor detalle, teniendo en cuenta las siguientes variantes económicas y tecnológicas: (1) un menor crecimiento económico en Europa, (2) una difusión acelerada de las fuentes de energía renovables y (3) un desmantelamiento acelerado o una vuelta a la energía nuclear.

Las hipótesis asociadas a las variantes de «bajo crecimiento económico» y «aceleración de las energías renovables» son similares a aquellas que se utilizan en el análisis de sensibilidad e incertidumbre de la proyección de referencia (véase el recuadro 4.1). En el escenario de «desmantelamiento de centrales nucleares» se supone que las centrales nucleares existentes se desmantelan al final de su vida técnica útil, además de aplicar estrictamente las políticas de desmantelamiento que están en vigor en ciertos Estados miembros. Tampoco se realizarán nuevas inversiones en energía nuclear. En el escenario de «aceleración de la energía nuclear», se supone que las nuevas tecnologías nucleares alcanzarán su grado de madurez en el año 2010, lo que llevará a más Estados miembros a elegir la opción nuclear (incluyendo la re-evaluación de las políticas ya declaradas de desmantelamiento de centrales nucleares) ⁽¹¹⁸⁾.

Pueden encontrarse más detalles sobre los resultados de estas variantes, en particular en términos de costes de disminución marginal, en el informe de la AEMA «Cambio climático y un sistema energético europeo de baja emisión de carbono». También se analiza hasta qué punto los progresos tecnológicos pueden ayudar a alcanzar una considerable disminución de las emisiones de GEI en Europa.

Tabla 4.1 Objetivos de reducción de los GEI en la UE, acciones nacionales y precio del carbono (2000-2050)

	Objetivos de reducción en la UE (con respecto a los niveles de 1990)	Acciones nacionales (con respecto a los niveles de 1990)	Cuota de acción nacional	Precio del carbono en la UE (euros/t eq CO ₂)
2020	- 20 %	- 9 %	45 %	30
2030	- 40 %	- 27 %	68 %	65
2050	- 65 %	- 60 %	92 %	115

Tabla 4.2 El sistema energético europeo (escenarios de referencia y de bajas emisiones de GEI)

	1990	2000	2030	
			Referencia	Escenario de «bajas emisiones de GEI»
PIB (millardos de euros, 2000) (índice)	7.315,2 (100)	8.939,3 (122)	18.020,3 (246)	18.020,3 (246)
Población (millones)(índice)	441,1 (100)	453,4 (103)	458,2 (104)	458,2 (104)
Emisiones de CO ₂ (Mt de CO ₂) (índice)	3.769,5 (100)	3.664,9 (97,2)	4.303,6 (114,2)	3.345,8 (88,8)
Consumo interior bruto de energía (CIBE, Mtep) (índice)	1.554,3 (100)	1.650,7 (106)	1.959,7 (126)	1.810,8 (117)
Cuotas de los combustibles en CIBE (%)				
Sólidos	27,7	18,4	15,3	4,9
Petróleo	38,4	38,5	34,4	34,7
Gas	16,7	22,8	32,1	35,1
Nuclear	12,7	14,4	9,5	12,0
Renovables	4,5	5,8	8,6	13,1
Intensidad del carbón en el CIBE (t CO ₂ /tep) (índice)	2,43 (100)	2,22 (91)	2,20 (91)	1,85 (76)
Demanda energética total (Mtep) (índice)	1.009,2 (100)	1.074,4 (106)	1.394,1 (138)	1.291,7 (128)
Demanda de electricidad (TWh)				
Total (índice)	–	2.509,1 (100)	3.944,6 (157)	3.795,1 (151)
Industria (incluyendo refinerías)	–	1.069,3	1.524,6	1.525,9
Terciario	–	651,5	1.208,1	1.135,7
Hogares	–	694,7	1.114,4	1.041,6
Transporte	–	68,8	75,7	70,1
Sector energético (excluyendo consumo propio)	–	24,9	21,9	21,9
Índice de intensidad energética, 1990 = 100				
Industria (energía sobre valor añadido)	–	82,7	51,3	48,7
Residencial (energía sobre ingresos personales)	–	85,8	51,3	48,5
Terciario (energía sobre valor añadido)	–	86,8	58,2	52,4
Transporte (energía sobre PIB)	–	99,3	66,5	61,7
Indicadores de la intensidad de carbono				
Producción de electricidad y de vapor (t de CO ₂ /MWh)	0,44	0,37	0,30	0,18
Demanda total de energía (t de CO ₂ /tep)	2,26	2,12	1,83	1,77
Industria	2,18	1,96	1,42	1,29
Residencial	1,94	1,66	1,44	1,39
Terciario	1,83	1,54	1,17	1,09
Transporte	2,90	2,91	2,80	2,80
Eficiencia de la producción de energía térmica (%)	–	37,1	48,7	50,6
Dependencia de las importaciones (%)	44,8	47,2	67,3	62,4

4.1.4 Desafíos emergentes

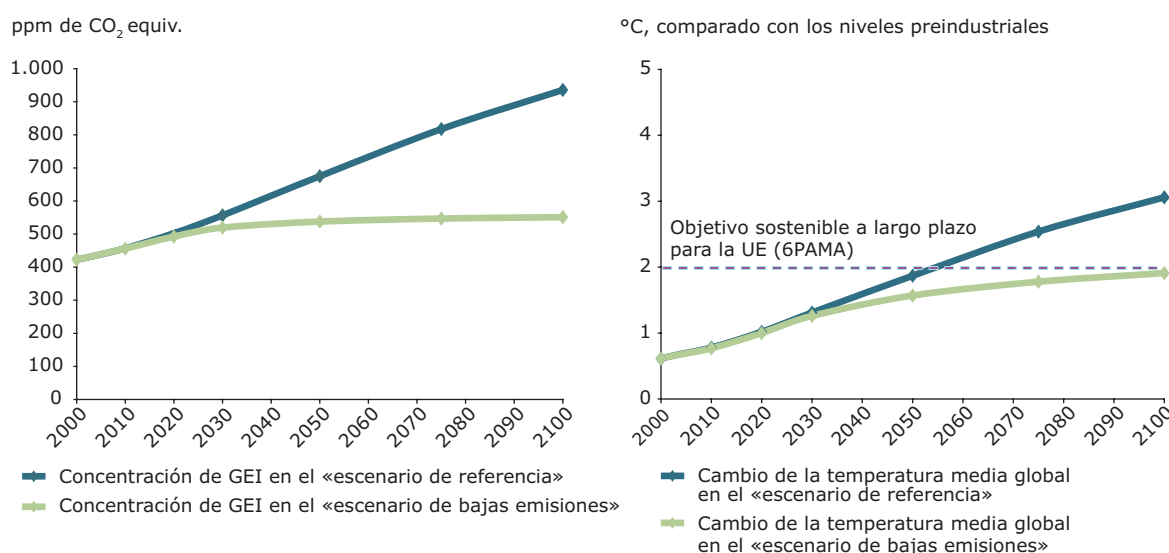
Con 137 signatarios, el Protocolo de Kioto constituye el primer marco de trabajo e intento internacional de frenar las emisiones de origen humano de GEI. El objetivo global de reducción (esencialmente para las emisiones procedentes de los países industrializados) es de un 5% para el periodo 2008-2012 en comparación con los niveles de los años de referencia (normalmente 1990). Sin embargo, sin el compromiso de EE. UU, China o India (que representaban aproximadamente el 40% de las emisiones globales en el año 1990), el efecto final sobre el medio ambiente global resulta incierto.

Desde esta perspectiva, el Protocolo de Kioto aparece solamente como un primer paso en la dirección adecuada. Para poder alcanzar el objetivo del 6PAMA, son necesarios cambios y desplazamientos drásticos hacia hábitos de consumo y desarrollo sectorial sostenibles (por ejemplo, en

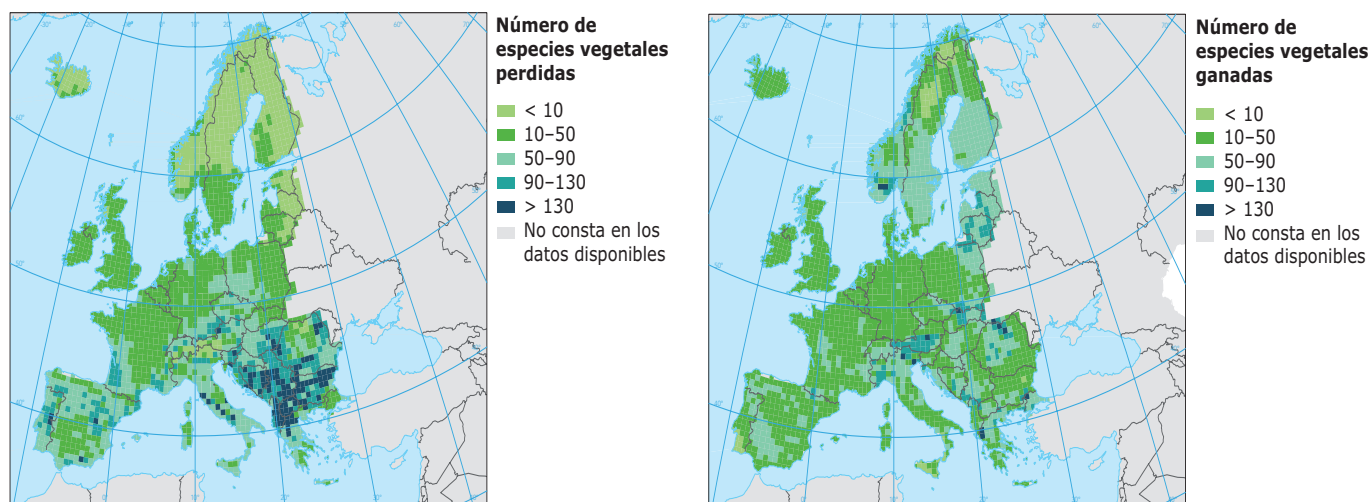
el sistema energético). Las emisiones de GEI, los impactos del cambio climático y las opciones de adaptación dependerán esencialmente de las negociaciones que tendrán lugar para un segundo periodo de compromiso y de si éstas conducen a objetivos más ambiciosos. El cambio climático también podrá provocar un cambio en la magnitud y frecuencia de algunos fenómenos meteorológicos extremos.

Incluso los cambios extremos repentinos en el medio ambiente, tales como un colapso de la circulación termohalina del Atlántico Norte («Corriente del Golfo») o del ecosistema Ártico, no se consideran completamente improbables, y podrían tener un mayor impacto que las fuerzas motrices subyacentes. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas podría ser compensado en Europa por los efectos refrigerantes debidos al colapso de la Corriente del Golfo.

Figura 4.4 Concentración global y cambio de temperatura durante el periodo 2000-2100



Mapa 4.2 Impacto del cambio climático sobre el número de especies vegetales (en 2100 según el escenario de bajas emisiones de GEI)

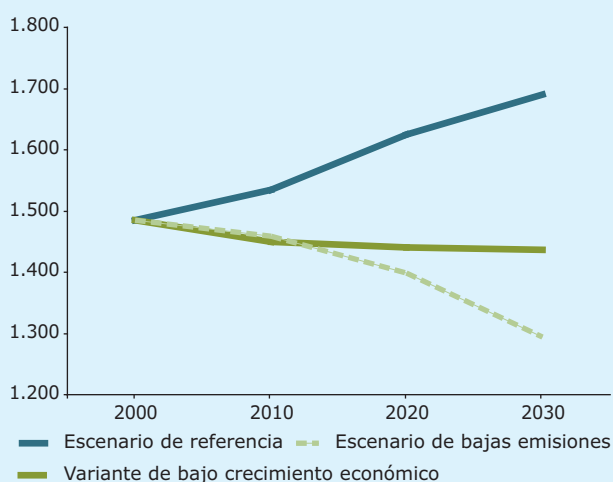


Recuadro 4.2 Escenario de bajas emisiones de GEI: efectos de retroalimentación sobre las evoluciones del combustible fósil

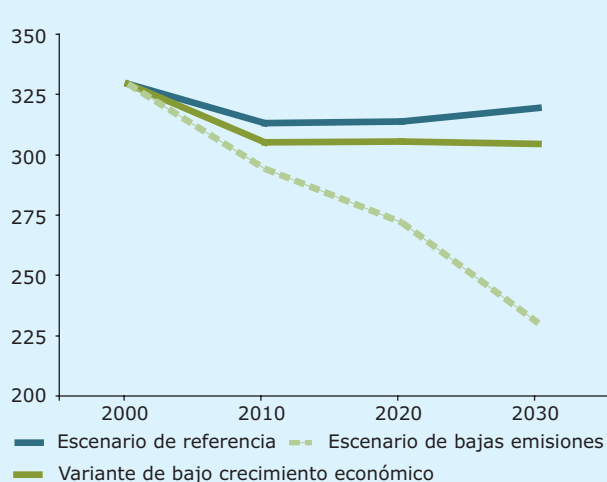
Este recuadro evalúa los efectos de retroalimentación del escenario de bajas emisiones de GEI sobre la evolución de los combustibles fósiles, que implican considerables impactos medioambientales. Como en el escenario de bajas emisiones de GEI las necesidades de energía se reducen en comparación con el escenario de referencia, el consumo de los combustibles fósiles también se reduce (véase la figura mostrada a continuación).

Evoluciones de los combustibles fósiles (2000-2030, escenarios de referencia, bajo crecimiento económico y bajas emisiones de GEI)

Uso de combustible fósil (millones de toneladas) **UE15**



Uso de combustible fósil (millones de toneladas) **Nuevos-10**



En el escenario de bajas emisiones de GEI, el uso de combustible fósil para el año 2030 se espera se reduzca alrededor de un 13% en la UE15 y un 30% en los Nuevos-10 con respecto a los niveles del año 2000. Estas reducciones suponen, aproximadamente un 23% y un 28% respectivamente con respecto al escenario de referencia. Comparada con la variante de bajo crecimiento económico, representan una disminución del 10% y del 25%. Esta caída se debe principalmente a una disminución significativa en la extracción nacional (35% en comparación con el escenario de referencia en el año 2030) y en el valor comercial neto (20%) en toda Europa. También se debe mencionar el importante efecto relativo sobre la evolución del combustible fósil en la UE15 en la variante de bajo crecimiento económico en comparación con la de bajas emisiones de GEI.

4.2 Enfoque sobre la calidad del aire

Mensajes clave

Sobre la base de las medidas y las políticas actuales, se espera que disminuyan de manera significativa (en más de un 35%) todas las emisiones de contaminantes atmosféricos de origen terrestre (salvo el amoníaco) hasta el año 2030. Se espera, por tanto, que la UE cumpla de forma global con los objetivos acordados para 2010 en la Directiva sobre techos nacionales de emisión. Sin embargo, aunque varios Estados miembros van por buen camino para lograr cumplir con sus techos de emisiones, otros todavía no lo están.

Se estima que la implantación de todas las medidas técnicas viables (las mejores tecnologías disponibles) permitirá una importante reducción de las emisiones atmosféricas.

A medida que la calidad del aire en Europa mejore de forma importante, los impactos sobre la salud humana y los ecosistemas pueden también disminuir de forma sustancial, aunque se espera que se mantengan las grandes diferencias entre los distintos países europeos. Sin embargo, se prevé que seguirán siendo importantes los impactos negativos en áreas densamente pobladas de la UE, lo que exigirá esfuerzos posteriores para lograr el cumplimiento de los objetivos a largo plazo.

En este apartado se explican los cambios esperados en las emisiones de contaminantes atmosféricos y los impactos sobre la salud y los ecosistemas dentro de los escenarios de referencia ⁽¹¹⁹⁾ y de Máximas Reducciones Tecnológicamente Viables (*Maximum Technically Feasible Reductions*, MTFR) ⁽¹²⁰⁾ para el año 2030. Estos escenarios son completamente coherentes con aquellos desarrollados dentro del programa de Aire puro para Europa (CAFE) de la Comisión Europea ⁽¹²¹⁾.

La contaminación atmosférica es un problema medioambiental transfronterizo, de múltiples contaminantes y efectos. Proviene de la deposición de contaminantes atmosféricos (por ejemplo, acidificación y eutrofización del ecosistema) o de la exposición directa a concentraciones de contaminantes ambientales (por ejemplo, exposición al ozono en las capas bajas de la atmósfera (troposférico), partículas en suspensión) ⁽¹²²⁾. Aunque en las dos últimas décadas se han reducido las emisiones, la contaminación atmosférica en Europa sigue suponiendo riesgos y afectando negativamente a la salud humana y al entorno tanto natural como artificial.

El principal marco político en Europa en el que se abordan los problemas de la contaminación atmosférica es la Directiva sobre techos nacionales de emisión (Directiva 2001/81/CE), que define para el año 2010 los techos de emisiones para el dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH₃) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos techos se corresponden con objetivos intermedios que buscan la consecución a largo plazo de la no superación de los umbrales críticos para la salud humana y los ecosistemas en relación con la acidificación, la eutrofización y el ozono en las capas bajas de la atmósfera. Además, la legislación sectorial sobre emisiones de la UE define normas de emisión para determinadas categorías de fuentes ⁽¹²³⁾, así como sobre

la calidad del aire (Directiva marco de calidad del aire y sus tres directivas derivadas).

Los techos nacionales de emisión para los países pertenecientes o no a la UE fueron acordados en el Protocolo CLRTAP (Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa) de Gotemburgo. Los valores máximos definidos en el Protocolo de Gotemburgo son superiores a los fijados en la Directiva sobre techos nacionales de emisión.

4.2.1 Emisiones de contaminantes atmosféricos

Este apartado describe las emisiones europeas de contaminantes atmosféricos esperadas para el periodo 2000-2030 dentro de los escenarios de referencia y de máximas reducciones tecnológicamente viables (véanse la figura 4.5 y la tabla 4.2). Abarca los siguientes contaminantes atmosféricos de origen humano: óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃) y partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}, partículas finas con diámetros menores a 10 y 2,5 µm, respectivamente). Se esperan las siguientes evoluciones:

- En el escenario de referencia, se prevé una disminución de las emisiones de NO_x en un 47% para el año 2030, en comparación con las producidas en el año 2000. Se espera que el total de las emisiones de la UE para el escenario de referencia cumplan por un estrecho margen con los valores máximos definidos en los techos de la Directiva 2001/81/CE, aunque el nivel de cumplimiento puede variar entre Estados miembros. En el escenario MTFR, se espera que las emisiones se reduzcan a la mitad en el año 2030, alcanzando los 2,8 millones de toneladas. El

mayor contribuyente a las emisiones de NO_x en el año 2000 fue el transporte por carretera (46%), seguido del sector de centrales eléctricas y otras conversiones de combustibles (26%). El transporte no realizado por carretera contribuyó un 15%, y la industria manufacturera y los procesos de producción contribuyeron otro 13%.

- En el escenario MTFR, la importancia de las emisiones asociadas al transporte por carretera se ha reducido debido a la introducción de la mejor tecnología disponible (38%). El sector de centrales eléctricas y otras conversiones de combustibles son responsables del 29% de las emisiones, el transporte no realizado por carretera representa el 17% y la industria manufacturera y los procesos de producción, el 16%.
- En el escenario de referencia, se espera que las emisiones de COVNM disminuyan un 45% en el año 2030 (hasta los 5,9 millones de toneladas). En el año 2000, el mayor contribuyente fue el transporte por carretera (45%) seguido por el sector de uso de disolventes (28%). Debido a que la legislación de fuentes móviles ha definido controles más estrictos, se espera que las emisiones correspondientes al transporte por carretera se reduzcan un 90%, representando el 12% del total en el año 2030, mientras que las emisiones correspondientes a los sectores de procesado y uso de disolventes aumentarán hasta el 18% y el 40%, respectivamente. Se prevé que la suma de todas las emisiones correspondientes a la UE según el escenario de referencia, cumpla con los valores máximos definidos en la Directiva 2001/81/CE para el año 2010, aunque el nivel de cumplimiento puede variar entre cada uno de los Estados miembros. La implantación de la mejor tecnología disponible de control dentro del escenario MTFR reduce las emisiones en más de un tercio (hasta 4,1 millones de toneladas).
- Para el año 2030 se prevén reducciones importantes de las emisiones de SO_2 . En el escenario de referencia se espera que las emisiones disminuyan un 67% (hasta 2,9 millones de toneladas). Esta situación se debe principalmente a los estrictos controles impuestos en el sector energético, que disminuirá su cuota desde el 65% en el año 2000 hasta el 32% en el año 2030. Se prevé que, a nivel de la UE, todas las emisiones del escenario de referencia cumplan con los valores máximos especificados en la Directiva 2001/81/CE para el año 2010, aunque el nivel de cumplimiento puede variar entre cada uno de los Estados miembros.

El escenario MTFR indica que, a pesar de las elevadas reducciones alcanzadas en el escenario de referencia, existe todavía un elevado potencial para reducir las emisiones mediante la implantación de la mejor tecnología disponible. De esta forma, las emisiones en el escenario MTFR se ven reducidas otro 45% (hasta 1,1 millones de toneladas). La

composición sectorial de las emisiones de SO_2 en el año 2000 mostró que la combustión en las centrales de producción energética (centrales eléctricas) fue la responsable de cerca del 65% de las emisiones, seguidas por las combustiones producidas en la industria manufacturera (15%), las instalaciones de combustión no industriales (8%) y los procesos de producción (7%). Mientras, en el escenario MTFR para el año 2030 se prevé que la cuota de emisiones correspondientes a las centrales eléctricas descienda hasta el 32%, con un aumento simultáneo de las cuotas correspondientes a las industrias manufactureras y a los procesos de producción (hasta el 25% y el 29% respectivamente).

- Por otro lado, se estima que las emisiones de NH_3 (responsables de la eutrofización y de la acidificación) disminuirán sólo ligeramente (6%) hasta los 3,6 millones de toneladas para el año 2030 dentro del escenario de referencia. Las emisiones correspondientes a la UE15 disminuirán, mientras que las de Nuevos-10 aumentarán ligeramente. Sin embargo, en el año 2030 la UE15 aún seguirá emitiendo alrededor del 82% del total de emisiones de la UE. Si se suman las emisiones de referencia de toda la UE, se espera que se cumplan, por un margen muy estrecho, los valores máximos de las emisiones definidas en la Directiva 2001/81/CE para el año 2010.

El escenario MTFR indica que el potencial para reducir las emisiones de NH_3 sigue siendo sustancial y que puede haber una reducción del 40% en comparación con las emisiones del escenario de referencia. La cuota de las emisiones de amoníaco correspondientes al sector agrario sigue permaneciendo estable, alrededor del 90% en este periodo. El 82% de dicha cuota está originado por la ganadería. Las emisiones restantes provienen fundamentalmente del sector de tratamiento de residuos.

- El escenario de referencia prevé que las futuras emisiones de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ decrezcan aún más, aunque mucho más lentamente que en la década pasada⁽¹²⁴⁾. En el año 2030, se estima que las emisiones de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ se reducirán un 38% y un 46% respectivamente, si se las compara con los niveles del año 2000. La UE15 representa ligeramente más del 80% del total de las emisiones de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$.

El escenario MTFR sugiere que el potencial de disminución para el año 2030 estará próximo al 46% para PM_{10} y al 50% para $\text{PM}_{2,5}$, en comparación con el escenario de referencia. En el año 2000, el 70% de las emisiones de la UE correspondientes a PM_{10} fueron provocadas por cuatro sectores: plantas de combustión no industriales (28%), transporte por carretera (16%), procesos de producción (15%) y centrales de producción energética (11%). El 73% de las emisiones de

la UE correspondientes a $PM_{2,5}$ en el año 2000 provinieron de los siguientes sectores: plantas de combustión no industriales (35%), transporte por carretera (18%), fuentes móviles que no circulan por carretera (11%), procesos de producción (10%) y centrales de producción energética (9%). Dentro del escenario MTFR, se espera que en el año 2030 las cuotas en las emisiones de PM_{10} correspondientes a combustiones no industriales y al sector energético disminuyan hasta el 12% y el 3% respectivamente. En relación con las $PM_{2,5}$, se espera que las fuentes móviles que no circulan por carretera y las centrales de combustión no industriales representen respectivamente el 21% y el 4%. Aunque se han impuesto normas muy estrictas sobre las emisiones de PM para las fuentes de transporte, las emisiones totales correspondientes al transporte no disminuirán de manera proporcional a la severidad de las normas. Este hecho se debe a que las emisiones que no se corresponden con los gases de escape (desgaste de frenos y neumáticos, que siguen sin controlarse) aumentarán proporcionalmente al volumen del tráfico.

- Se espera que las emisiones internacionales correspondientes al transporte marítimo ⁽¹²⁵⁾ aumenten de forma considerable en el escenario de referencia: en el año 2030, las emisiones de NO_x aumentarán un 87% en comparación con las emisiones producidas en el año 2000 y las emisiones de SO_2 lo harán en un 82%. Se prevé que se dupliquen las emisiones de COVNM, PM_{10} y $PM_{2,5}$. Para el año 2030, se prevé que las emisiones de NO_x y SO_2 debidas al transporte marítimo superen las emisiones correspondientes al transporte por tierra, mientras que las emisiones

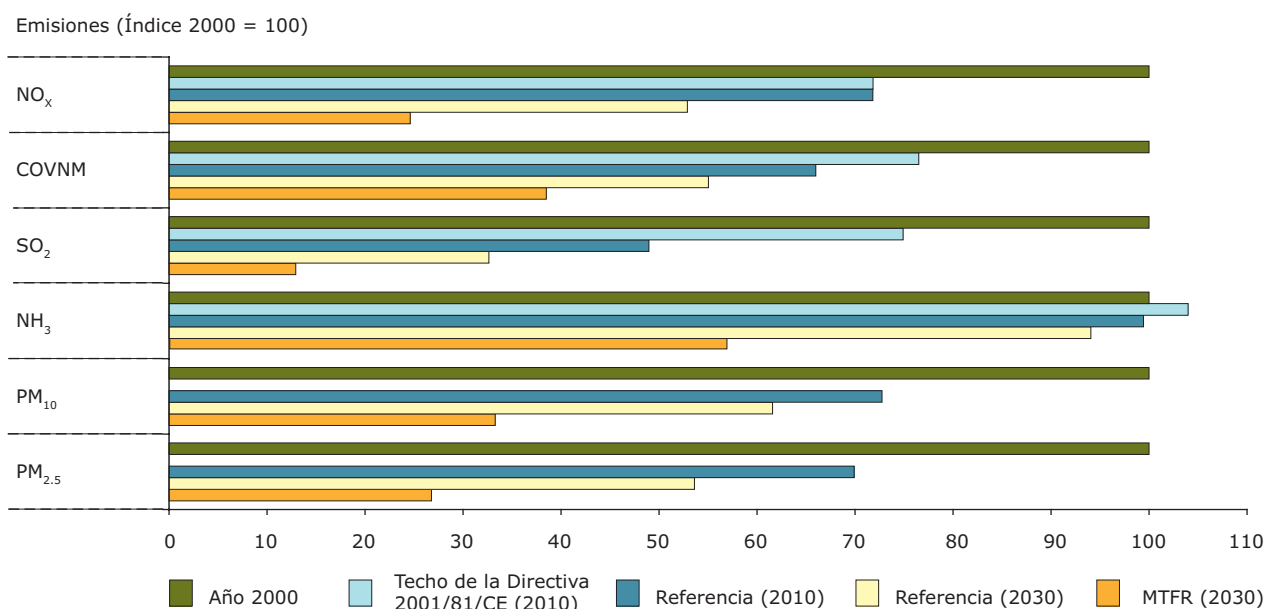
de PM_{10} y $PM_{2,5}$ representarán un 30% y un 45%, respectivamente. El escenario MTFR indica que el potencial de reducción de las emisiones mediante el uso de la mejor tecnología disponible es muy elevado para las emisiones de NO_x y SO_2 (88% y 78% respectivamente para el año 2030).

4.2.2 Impactos sobre la salud y los ecosistemas

En este apartado se analizan los impactos que se prevé van a tener las emisiones de contaminantes atmosféricos sobre un abanico de indicadores sobre la salud y medioambientales ⁽¹²⁶⁾.

- Según las estadísticas, la pérdida de esperanza de vida en la UE atribuible a las emisiones de origen humano de $PM_{2,5}$ fue de aproximadamente 9 meses en el año 2000. El análisis espacial sugiere que existen varios puntos de alarma en Europa central, donde la pérdida estadística de la esperanza de vida fue particularmente elevada en el año 2000. El escenario MTFR sugiere que para el año 2030 la disminución de la esperanza de vida se podría reducir en 2 meses, ya que se observarían disminuciones drásticas en toda Europa.
- Se ha estimado que la media de muertes prematuras atribuibles a las exposiciones al ozono en las capas bajas de la atmósfera fue de 49 casos por millón de habitantes en el año 2000 para la región de la AEMA, y que esta cifra se reducirá a 26 casos por millón de habitantes en el año 2030 dentro del escenario MTFR. Por tanto, el escenario MTFR indica que existe un gran potencial para reducir la exposición en el caso de que se introduzca la mejor tecnología disponible a gran escala. Los parámetros de exposición (tales como SOMO35, empleados para evaluar el daño sobre la

Figura 4.5 Emisiones de contaminantes atmosféricos (escenarios MTFR y de referencia)



salud) suelen ser superiores en los países del sur (Italia, España, Grecia y Bulgaria).

La evaluación de los impactos sobre el ecosistema incluye los daños en la vegetación provocados por el ozono de las capas bajas de la atmósfera, la lluvia ácida sobre los bosques, los ecosistemas seminaturales y las masas de agua dulce, así como el exceso de vertidos de nitrógeno.

- El exceso de ozono, que se considera dañino para los árboles de los bosques, se calculó para el año 2000 en grandes zonas de la UE, especialmente en el sur y en el centro. En el escenario MTFR, el área afectada en el año 2030 se vería reducida a un determinado número de puntos de alarma, situados principalmente en Italia.
- En el año 2004, alrededor del 18% de los bosques situados en los países de la UE15 recibieron lluvias ácidas por encima de las cargas críticas (Europa

central, Gran Bretaña y Escandinavia son, en general, las áreas donde este exceso es mayor). La cifra correspondiente para los Nuevos-10 fue del 35%. El escenario MTFR indica disminuciones drásticas del área de superaciones para el año 2030 y que menos de un 5% de los bosques de la UE15 correrá riesgo de acidificación (sólo algunas partes de Alemania y del Benelux seguirán teniendo fuertes excesos), mientras que prácticamente ninguno de los bosques de los Nuevos-10 sufrirá acidificación.

- En los cinco países de la UE que han proporcionado estimaciones de las cargas críticas para ecosistemas seminaturales (127), alrededor del 25% de la superficie total recibía lluvias ácidas por encima de las cargas críticas en el año 2000 (se estima que en Italia no existe ninguna área donde se superen dichas cargas). El escenario MTFR indica una disminución drástica para el año 2030 en el área

Tabla 4.3 Emisiones de contaminantes atmosféricos (escenarios MTFR y de referencia, 1.000 toneladas)

		2000*	Techos nacionales de emisión (2010)	Referencia 2010 (índice)	Referencia 2030 (índice)	MTFR 2030 (índice)
Fuentes terrestres						
NO_x	UE25	11.581	8.319	8.316 (72)	6.125 (53)	2.849 (25)
	UE15	9.911	6.519	7.145 (72)	5.348 (54)	2.532 (26)
	Nuevos-10	1.670	1.800	1.171 (70)	777 (47)	317 (19)
COVNM	UE25	10.654	8.150	7.031 (66)	5.863 (55)	4.101 (38)
	UE15	9.344	6.510	6.129 (66)	5.156 (55)	3.698 (40)
	Nuevos-10	1.310	1.640	902 (69)	707 (54)	403 (31)
SO₂	UE25	8.736	6.543	4.278 (49)	2.851 (33)	1.130 (13)
	UE15	6.040	3.850	2.656 (44)	2.187 (36)	978 (16)
	Nuevos-10	2.696	2.693	1.622 (60)	664 (25)	152 (6)
NH₃	UE25	3.824	3.976	3.802 (99)	3.597 (94)	2.174 (57)
	UE15	3.234	3.110	3.184 (98)	2.952 (91)	1.866 (58)
	Nuevos-10	590	866	618 (105)	645 (109)	308 (52)
PM₁₀	UE25	2.455	n.d.	1.786 (73)	1.512 (62)	817 (33)
	UE15	1.830	n.d.	1.403 (77)	1.234 (67)	699 (38)
	Nuevos-10	625	n.d.	383 (61)	278 (44)	118 (19)
PM_{2.5}	UE25	1.748	n.d.	1.222 (70)	937 (54)	468 (27)
	UE15	1.323	n.d.	955 (72)	761 (58)	405 (31)
	Nuevos-10	425	n.d.	267 (63)	176 (41)	63 (15)
Transporte marítimo ⁽¹²⁹⁾						
NO_x		3.501	n.d.	4.265 (122)	6.530 (187)	769 (22)
COVNM		131	n.d.	170 (130)	284 (217)	284 (217)
SO₂		2.418	n.d.	2.652 (110)	4.406 (182)	972 (40)
PM₁₀		222	n.d.	270 (122)	450 (203)	385 (173)
PM_{2.5}		210	n.d.	255 (121)	426 (203)	364 (173)

* Índice 100 = 2000

Nota: Si desea obtener más información sobre los resultados de CAFE para el año 2020, consulte el informe final «Escenarios de referencia para el Programa Aire Puro para Europa (CAFE)» en: http://ec.europa.eu/comm/environment/air/cafe/general/pdf/cafe_lot1.pdf.

de superaciones y que menos de un 2% de la superficie total correrá riesgo de acidificación.

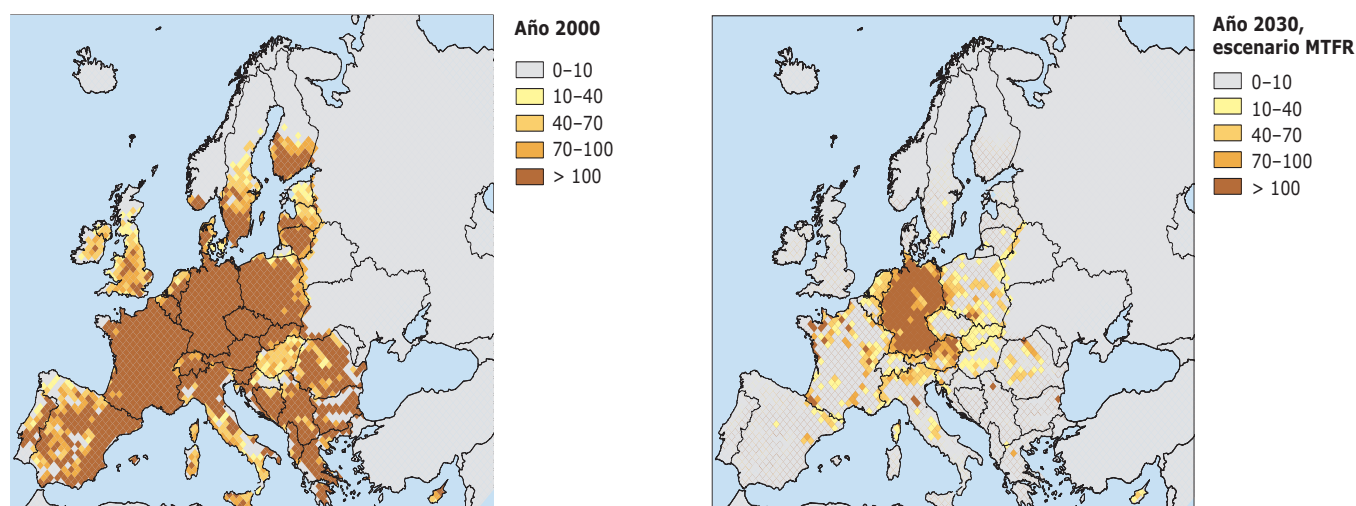
- En los cinco países europeos que han estimado cargas críticas para las grandes cuencas de agua dulce (lagos y ríos) ⁽¹²⁸⁾, alrededor del 23% de la superficie total recibía lluvias ácidas por encima de sus cargas críticas en el año 2000. El escenario MTFR pronostica drásticas reducciones en el área de superaciones para el año 2030 y que menos de un 6% de la superficie total correrá riesgo de acidificación. Sin embargo, cabe destacar que la recuperación de un proceso de acidificación requiere que la deposición de sustancias ácidas sea inferior a las cargas críticas durante algún tiempo.
- En el año 2000, más del 55% de los ecosistemas estaban en peligro debido al proceso de eutrofización (54% en la UE15, 71% en los Nuevos-10). Un análisis espacial realizado sugiere que en el año 2000 prácticamente todos los países estaban sujetos a elevados excesos de nitrógeno (véase el mapa 4.3). El escenario MTFR sugiere que, para el año 2003, la superficie total de los ecosistemas con tasas de superación se podría reducir alrededor de 10% en la UE, lo que a su vez disminuiría el problema de eutrofización que, en caso contrario, y dentro del escenario de referencia, seguiría siendo un problema de gran importancia durante todo el periodo (debido a la limitada reducción de las emisiones de NH_3 y a pesar de la importante disminución de las emisiones de NO_x). Por tanto, se prevé que la mayoría de los ecosistemas en los países europeos no recibirán desposiciones de nitrógeno superiores a las cargas críticas, salvo aquellos situados en Alemania, donde se espera que sigan viéndose afectados durante mucho tiempo.

4.2.3 Desafíos emergentes

Las proyecciones sugieren que la importancia de las distintas fuentes de contaminación cambiará en el futuro. Tradicionalmente, se prevé que los sectores tradicionalmente muy contaminantes reduzcan drásticamente sus cuotas de emisiones totales debido a la puesta en práctica de medidas de control exigentes. Por su parte, se prevé que otras fuentes que han recibido menos atención en el pasado se conviertan en contribuyentes dominantes. En el año 2030, se espera que las contribuciones más importantes a las emisiones de SO_2 procedentes de fuentes terrestres provengan de la combustión industrial y de los procesos productivos. Las fuentes emisoras de NO_x son, principalmente, los vehículos diesel de transporte pesado y los vehículos especiales. Los disolventes se convierten en la principal fuente de emisiones de COV, y la quema de madera y los procesos industriales son responsables de la mayor parte de las emisiones de las partículas en suspensión. Se prevé que el riesgo de que los ecosistemas sufran acidificación y eutrofización radicarán en las emisiones de amoníaco procedentes del sector agrario.

Aunque la legislación actual provoque una importante mejora de los indicadores de impacto, no garantizará unas condiciones sostenibles. El escenario con los mejores controles de emisión disponibles se encuentra mucho más próximo a los objetivos de sostenibilidad, si bien incluso en este escenario es probable que se produzca un daño medioambiental en términos de impactos sobre la salud humana y los ecosistemas en algunas parte de Europa. Además, los impactos evaluados difieren sustancialmente entre las distintas regiones de Europa.

Mapa 4.3 Exceso de deposiciones de nitrógeno



Nota: Porcentaje de la superficie total de los ecosistemas que recibe deposiciones de nitrógeno por encima de las cargas críticas (base de datos del año 2004). Los cálculos se han realizado sólo para los países miembros de la AEMA (salvo Islandia y Turquía).

4.3 Enfoque sobre el estrés hídrico

Mensaje clave

Se prevé que la captación total de agua en Europa disminuya más de un 10% entre 2000 y 2030, con una disminución acusada en Europa occidental.

Se espera que el cambio climático reduzca la disponibilidad de agua y aumente la captación para el regadío en las cuencas fluviales del Mediterráneo. Según la hipótesis del cambio a medio plazo de la temperatura y la precipitación, se prevé una disminución de la disponibilidad del agua en el sur y el sudeste de Europa (un 10% o más en algunas cuencas fluviales para el año 2030).

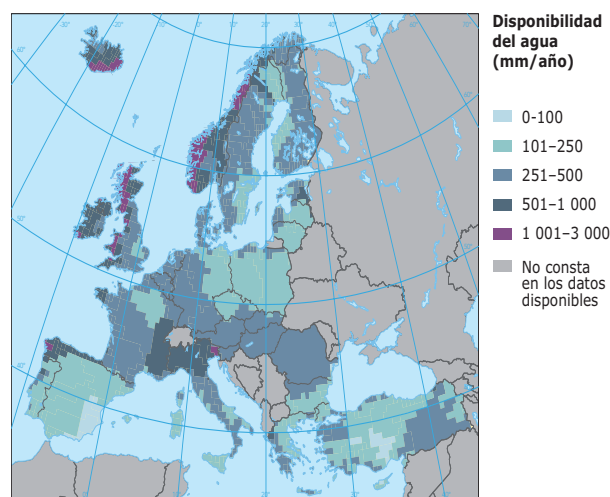
Se espera que el perfil sectorial de las captaciones de agua cambie de la siguiente forma: se prevé que las captaciones del sector eléctrico disminuyan drásticamente en los próximos 30 años a causa de la sustitución del sistema de refrigeración sin recirculación por sistemas de torre de refrigeración de menor consumo de agua. Es probable que el uso de agua por la industria manufacturera continúe aumentando. En Europa oriental, el uso doméstico puede aumentar significativamente. Finalmente, se prevé que la agricultura siga siendo el sector más consumidor de agua en los países mediterráneos, debido al aumento del regadío y a que las estaciones de crecimiento vegetativo son cada vez más cálidas y secas a causa del cambio climático.

En toda Europa, se usan unos 300 km³ (es decir, 300.000 millones de m³) de agua al año, lo que equivale a la suma de las descargas anuales por las desembocaduras de los tres principales ríos europeos: el Danubio, el Rin y el Loira. Esta cantidad equivale aproximadamente a la décima parte de los recursos hídricos disponibles anualmente en Europa. La mayor parte de este agua se utiliza en la agricultura (37%) y el sector energético (32%). Los hogares (24%) y la industria (13%) completan el cuadro. Parte de este agua retorna limpia tras su uso, concretamente la de refrigeración de las centrales eléctricas. Pero otra fracción considerable se «consume» o evapora tras su extracción⁽¹³⁰⁾. Las grandes captaciones de agua afectan generalmente al estado de las masas de agua dulce en cuanto a su cantidad, integridad ecológica y composición química.

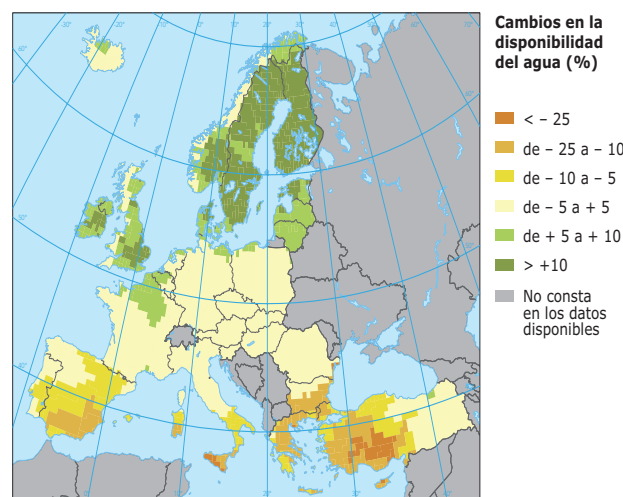
La Directiva Marco del Agua de la UE (de octubre de 2000) y el 6º Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente definieron como objetivo el alcanzar un «buen estado» (ecológico, químico y cuantitativo) en todas las masas de agua dulce de la UE en el 2015. Ambos programas enfatizan la necesidad de una estrecha cooperación internacional al nivel de las cuencas hidrográficas, y reclaman un plan de gestión individual para cada cuenca europea. Otros objetivos claves de la política ambiental de la UE incluyen la promoción del uso sostenible del agua, la mejora de la protección de los ecosistemas acuáticos, la disminución de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y la mitigación del efecto de las inundaciones y las sequías⁽¹³¹⁾.

Mapa 4.4 Disponibilidad del agua

Disponibilidad actual del agua en las cuencas hidrográficas europeas



Cambios en la disponibilidad media anual del agua en el escenario LREM-E para el año 2030.



La década de 1990 registró una disminución de la captación total de agua. Sin embargo, las tendencias son muy diferentes según la región y el sector, originando algunos problemas a destacar, como el continuo aumento de la demanda de agua para regadío en el sur de Europa y la alarmante sobreexplotación registrada en algunos “puntos de alarma” geográficos situados cerca de algunas ciudades grandes y en el litoral de algunas islas y costas mediterráneas.

La perspectiva presentada aquí sobre la disponibilidad y el uso del agua se basa principalmente en las hipótesis de referencia sobre fuerzas motrices claves (véase el capítulo 3) y en el cambio de temperatura y precipitación que se atribuye al cambio climático (véase el apartado 4.1) ⁽¹³²⁾. Importantes hipótesis adicionales con el horizonte de unos 20-30 años incluyen: la velocidad del cambio tecnológico (mejora de la eficiencia del agua en los equipos), el cambio en el uso del agua en los sistemas de producción eléctrica (principalmente la sustitución de sistemas de refrigeración sin recirculación por otros de menos consumo), la expansión y la utilización de las áreas regadas y el promedio de uso de agua en los hogares.

4.3.1 Perspectiva sobre la disponibilidad de agua

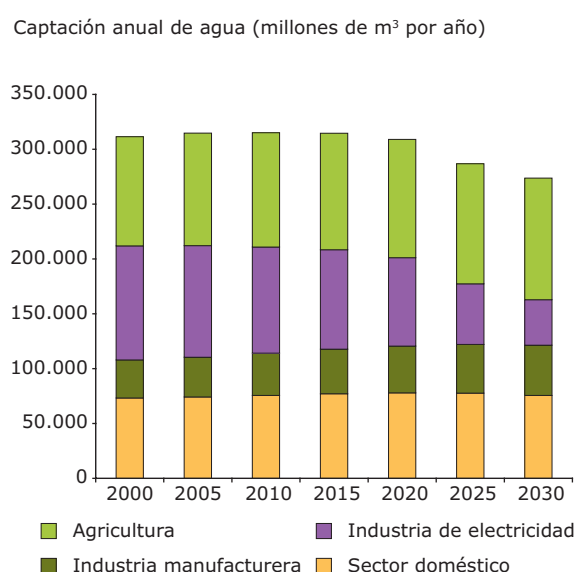
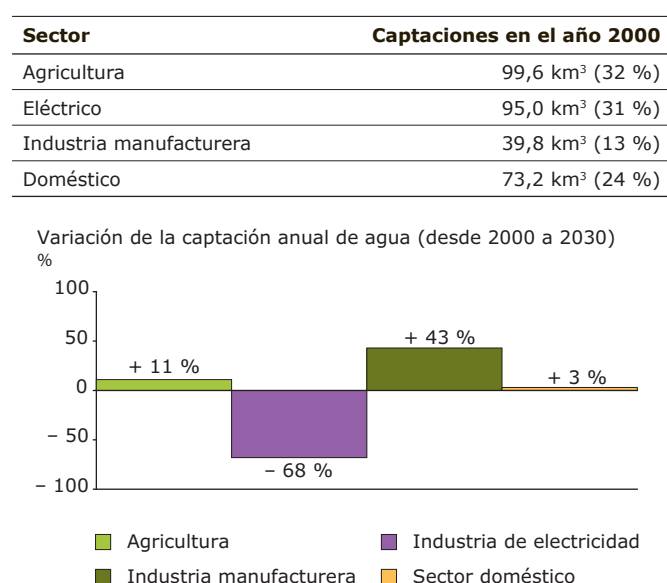
El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ha advertido en repetidas ocasiones que el cambio climático podría disminuir la disponibilidad de agua en algunas áreas donde este recurso es ya escaso. Se prevé que el cambio en el caudal de los ríos y la recarga de los acuíferos varíe de una región a otra en función del grado y el tipo de cambio climático.

De acuerdo con las hipótesis de cambio climático mencionadas anteriormente (es decir, con un aumento de la temperatura media global por encima del valor preindustrial de 1,3 °C hacia 2030 y 3,1 °C hacia 2100), el cambio en la disponibilidad media de agua en la mayoría de las cuencas hidrográficas europeas se estima relativamente pequeño durante los próximos 30 años. Se espera que la escorrentía anual en varias cuencas hidrográficas del norte de Europa aumente en función de la precipitación media.

En contraste, se estima que la escorrentía media en el sur de Europa disminuirá a medida que aumente la temperatura y disminuya la precipitación. En particular, algunas cuencas hidrográficas del Mediterráneo, que padecen con frecuencia de estrés hídrico, pueden registrar con respecto a su nivel actual, una disminución de un 10% o más hacia el 2030 (mapa 4.4). A largo plazo, el cambio en la disponibilidad del agua probablemente sea más acusado, lo que acentuará la evolución general indicada anteriormente.

Aunque el cambio en la disponibilidad media anual de agua en los próximos 30 años sea relativamente pequeño en la mayoría de los países de Europa, es probable que los cambios en la variabilidad climática intra-anual vayan acompañados de cambios en la disponibilidad hídrica intra-anual. Al cambiar las pautas de precipitación y temperatura, y aumentar la captación de agua en determinadas regiones, también puede cambiar la frecuencia e intensidad de las sequías, particularmente en el sur y en algunas partes de Europa central. De manera similar, se esperan cambios en los episodios extremos de inundación, de acuerdo con las pautas del cambio climático.

Figura 4.6 Captaciones de agua en Europa (AEMA31 sin datos de Islandia)



En un escenario de baja emisión de gases de efecto invernadero (tal y como se analizó en el capítulo 3, recuadro 3.3) se prevé que el aumento de la temperatura y los cambios de la precipitación sean menores que en el escenario de referencia. Por ello, se espera que la pauta de cambio de la disponibilidad del agua dentro de un escenario de bajas emisiones sea bastante similar a la pauta de referencia, aunque marginalmente menor (los cambios para 2030 difieren aproximadamente un 10% o menos respecto a los mostrados en la parte derecha del mapa 4.4). Por lo tanto, el impacto de las distintas políticas climáticas sobre la escorrentía anual de los ríos se espera que sea relativamente pequeño a corto y medio plazo, principalmente debido a la enorme inercia del sistema climático global. Sin embargo a largo plazo, las iniciativas y políticas que mitiguen el cambio climático severo, también mitigarán los cambios asociados a la disponibilidad del agua.

4.3.2 Perspectiva sobre el uso del agua

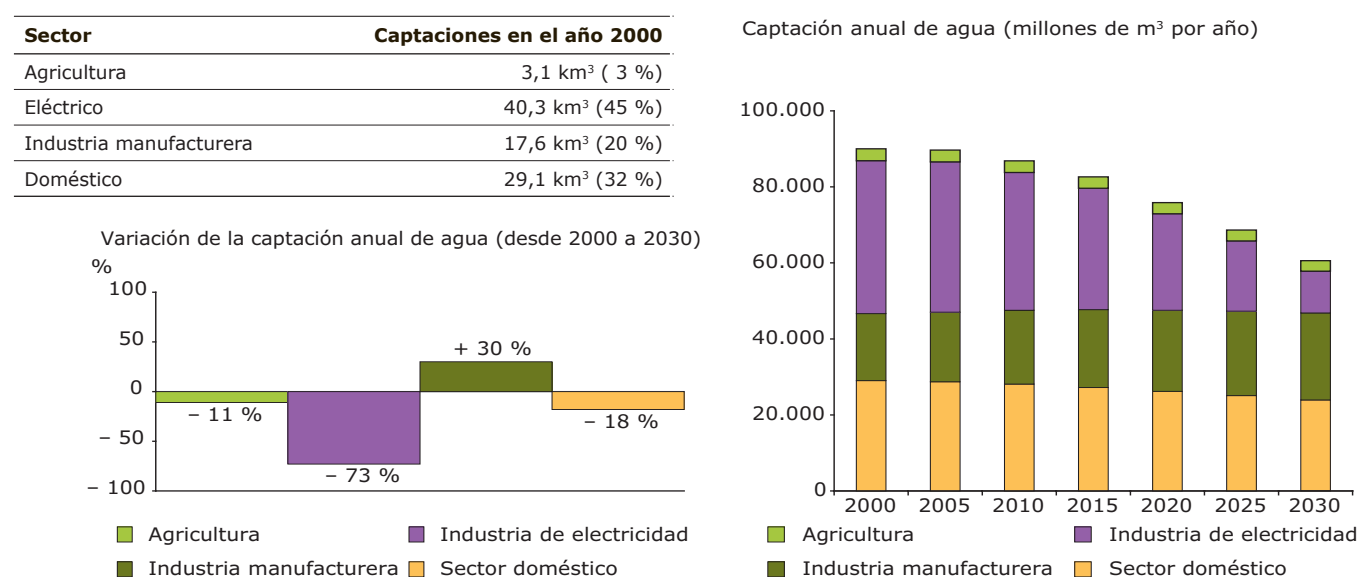
Según las hipótesis asociadas al escenario de referencia, se prevé que las captaciones de agua en toda Europa disminuyan un 11%, hasta menos de 275 km³ al año en 2030, frente a los 300 km³ al año en 2000 (figura 4.6). Aunque en toda Europa se espera una disminución importante de la captación de agua para la refrigeración de los generadores de electricidad, las perspectivas de uso del agua varían mucho de una región a otra y de un sector a otro (hogares y doméstico, manufacturas, refrigeración de generadores de electricidad, agricultura y regadío).

La agricultura es responsable de un tercio de las captaciones totales de agua en Europa, en su mayor parte para el regadío. La cantidad de agua de regadío necesaria por cultivo y hectárea depende principalmente de las condiciones del clima y el suelo, y también de la eficiencia de los sistemas de riego. La estimación de las futuras captaciones de agua para la agricultura depende mucho de las áreas de regadío⁽¹³³⁾. Según la hipótesis de referencia, para el 2030 se espera que el consumo de agua aumente un 20% o más en el sur de Europa, los países candidatos de la UE, y Hungría, Malta y Chipre, mientras que en otros países de Europa se mantendrá más o menos en el nivel actual.

También cabe esperar una importante disminución de la captación de agua para la producción eléctrica. Muchas centrales eléctricas antiguas siguen utilizando sistemas de refrigeración sin recirculación, aunque se espera que en los próximos 30 años muchas de ellas sean reemplazadas por otras más modernas. Las nuevas plantas suelen utilizar torres de refrigeración⁽¹³⁴⁾, que darán lugar a una importante disminución (un 50% o más) de la captación de agua, a pesar de que en el periodo 1990-2030 se espera que la producción eléctrica mediante centrales térmicas se duplique en Europa (véase el capítulo 3).

Dentro del escenario de bajas emisiones de gases de efecto invernadero (recuadro 3.3), la disminución de la captación de agua puede llegar a ser incluso más pronunciada (más del 10 %), a medida que los combustibles fósiles sean sustituidos por fuentes de energía renovables que no necesitan tanta refrigeración.

Figura 4.7 Captación de agua en el norte de Europa



Sin embargo, se prevé que el agua consumida (la parte del agua extraída que no se devuelve al río) aumente en ambos escenarios (en el de referencia y en el de bajas emisiones), ya que la evaporación en las nuevas plantas con torres de refrigeración es aproximadamente el doble que la de los sistemas sin recirculación ⁽¹³⁵⁾.

La evolución del uso del agua en los hogares varía considerablemente en Europa. De media, una cuarta parte de la captación de agua en Europa se usa en el «sector doméstico», que incluye a hogares y pequeñas empresas. La futura demanda de agua de este sector es muy incierta, y depende de un amplio espectro de factores, que incluyen los ingresos y el tamaño de los hogares (el uso de agua por persona suele aumentar al ser mayores los ingresos y menor el número de personas por hogar), la distribución de la población por edades (el uso de agua varía enormemente entre los distintos grupos de edad), el turismo y el precio del agua (un precio alto disminuye la demanda de agua en los hogares, pero la relación entre precio y cantidad usada es muy variable) ⁽¹³⁶⁾. Otro factor importante es el cambio tecnológico, que generalmente aumenta la eficiencia del agua usada por los electrodomésticos y disminuye, por tanto, el total de agua extraída ⁽¹³⁷⁾.

También se prevé un aumento de la captación de agua para la industria manufacturera ⁽¹³⁸⁾, de acuerdo con el continuo desarrollo de la actividad económica y los outputs. Aunque la estimación del uso futuro de agua por distintas industrias conlleva una considerable incertidumbre, se espera un aumento importante (más del 20% en la mayoría de los países). En las economías de crecimiento más rápido entre los países candidatos para entrar en la UE, en los que la utilización actual de agua por el sector manufacturero es relativamente

baja, el uso del agua puede llegar incluso a duplicarse. Las grandes incertidumbres de estas estimaciones se relacionan con las nuevas tecnologías electrónicas que usan menos agua, el futuro incierto de las actuales industrias de alto consumo hídrico y la posible aparición de nuevos procesos manufactureros con un uso de agua más intensivo.

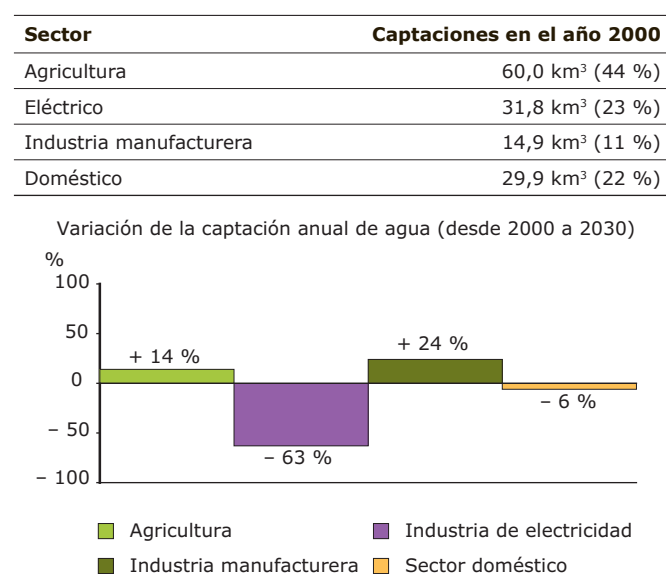
Europa septentrional

La captación de agua en el norte de Europa ⁽¹³⁹⁾ está dominada por la producción de electricidad y se prevé que su cuota disminuya sustancialmente, según lo anteriormente expuesto. Por el contrario, es probable que la captación de agua por la industria manufacturera juegue un papel mucho más importante, a pesar del aumento de la eficiencia del agua debido al cambio tecnológico. Además, la mejora de la tecnología en cuanto a la eficiencia del agua es previsible que disminuya el promedio de uso por los hogares o al menos que lo estabilice. La utilización de agua por la agricultura es relativamente pequeña, e incluso puede disminuir aún más debido al cambio climático, la mejora tecnológica de los sistemas de riego y la estabilización de la superficie de regadío (véase la figura 4.7).

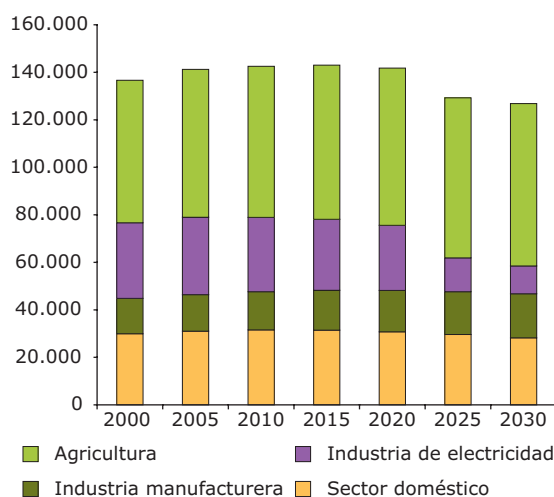
Europa meridional

La captación para riego supone el mayor porcentaje de agua consumida en el sur de Europa ⁽¹⁴⁰⁾ y lo seguirá siendo en el futuro. La continua mejora de la eficiencia del agua en los regadíos disminuye la cantidad de agua extraída por unidad regada, pero este ahorro se ve compensado por un aumento de la extensión de la superficie regada, lo que en suma supone un

Figura 4.8 Captación de agua en el sur de Europa



Captación anual de agua (millones de m³ por año)



aumento mayor del 15% de la captación de agua por la agricultura (se estima que la superficie regada aumente más de 20% hasta el 2030). No obstante, aunque la extensión del área regada permanezca constante en los próximos 30 años, se estima que el cambio climático por sí solo aumente la necesidad de agua de riego un 5 %.

En los demás sectores de mayor uso de agua (electricidad, manufacturas y doméstico) se prevé que su dinámica en Europa meridional sea similar a la ya comentada para Europa septentrional, es decir, una gran disminución de la captación para la producción de electricidad y cierto aumento para la industria manufacturera (figura 4.8).

Nuevos Estados miembros de la UE

El futuro uso de agua en los hogares presenta una importante incertidumbre en los nuevos Estados miembros de la UE ⁽¹⁴¹⁾. El uso de agua *per cápita* en los hogares disminuyó marcadamente durante la década de 1990 en todos los países, salvo Malta y Chipre. Suponiendo que el uso de agua por persona aumente gradualmente hasta alcanzar el nivel de los demás países de la UE en el 2030, el consumo total de agua de los hogares puede aumentar sustancialmente (hasta un 74%), a pesar de una posible disminución de la población y un uso más eficiente del agua por los electrodomésticos (el promedio de agua usada por persona y año en estos países en el año 2000 variaba entre 40 m³ (Países Bálticos) hasta más de 100 m³ (Chipre), mientras que el promedio en la UE era de unos 125 m³ por persona y por año).

Si el consumo de agua *per cápita* permaneciera en el nivel del año 2000 en vez de aumentar hacia el promedio de la UE, la utilización doméstica sería sólo

la mitad de la pronosticada para el año 2030 (es decir, el uso doméstico sería, en realidad, menor que el actual). Este rango (es decir, desde una pequeña disminución hasta un gran aumento) resalta la gran incertidumbre de las proyecciones de uso de agua, pero también sugiere la posibilidad de un futuro ahorro de agua en ésta y en otras regiones.

Es probable que el uso de agua en la producción de electricidad en los nuevos Estados miembros de la UE siga una dinámica similar a la de Europa septentrional y meridional, es decir, que disminuya notablemente a medida que las centrales eléctricas que utilizan sistemas de refrigeración sin recirculación, sean sustituidas por otras de menor consumo de agua. Como en otras regiones europeas, se prevé que el uso de agua en el sector de la industria manufacturera aumente a medida que aumente la actividad económica. Se prevé que el consumo de agua por la agricultura permanezca más o menos constante, ya que se estima un efecto adverso del cambio climático en esta región, con el mismo orden de magnitud que el ahorro de agua que se consigue con los sistemas de riego más eficientes (véase la figura 4.9).

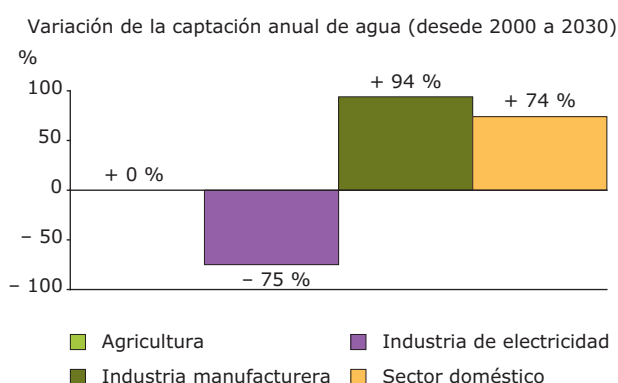
Países candidatos de la UE

Los cambios en el uso de agua en los países candidatos a la UE ⁽¹⁴²⁾ son muy dinámicos. Mientras se espera una disminución de la captación total en la mayor parte de Europa, se prevé un aumento significativo en dichos países (principalmente en Turquía).

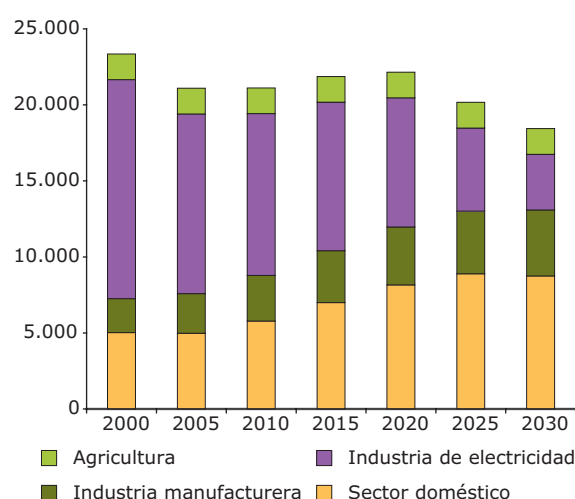
Se espera que la tendencia de la utilización de agua por la industria manufacturera sea similar a la del resto de Europa, aunque algo más pronunciada, ya que se supone que la actividad económica crecerá más rápidamente (en términos relativos). En el sector

Figura 4.9 Captación de agua en los nuevos Estados miembros de la UE

Sector	Captaciones en el año 2000
Agricultura	1,7 km ³ (7 %)
Eléctrico	14,4 km ³ (61 %)
Industria manufacturera	2,2 km ³ (10 %)
Doméstico	5,0 km ³ (22 %)



Captación anual de agua (millones de m³ por año)



doméstico, se espera que Turquía experimente un aumento notable a causa del crecimiento constante de su población (23,5 millones más de personas en 2030; véase el capítulo 3) y del aumento del uso *per cápita* (el uso *per cápita* actual de los hogares es aproximadamente la mitad del promedio de la UE). La utilización de agua también puede aumentar ligeramente en el sector agrario, debido a unas condiciones climáticas más cálidas y secas y al aumento esperado de la superficie regada en un 20% ⁽¹⁴³⁾, lo que, combinado con sistemas de riego más eficientes respecto al consumo de agua, supone un aumento total de un 10% para la captación de agua para riego (figura 4.10).

Como la perspectiva de uso total de agua en Europa varía considerablemente en función del país y el sector, las estrategias para disminuir la extracción de agua necesitan un enfoque multisectorial en cada región o cuenca hidrográfica. A este respecto, la Directiva Marco del Agua de la UE, que aconseja estrategias de ámbito regional para gestionar cada cuenca hidrográfica, constituye un amplio marco de utilidad para una posterior disminución del uso de agua.

4.3.3 Perspectiva sobre el estrés hídrico

El estrés hídrico es una medida de la presión que la extracción de agua ⁽¹⁴⁴⁾ ejerce sobre los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos. El mapa 4.5 (izquierda) proporciona una vista general de las cuencas hidrográficas que en la actualidad se enfrentan a un alto nivel de estrés hídrico. Principalmente son áreas que se sitúan en las cuencas más secas y con regadíos más intensivos de Europa meridional, y en puntos de alarma cerca de grandes centros urbanos. Gran parte de Europa central presenta un alto nivel de captación de agua en

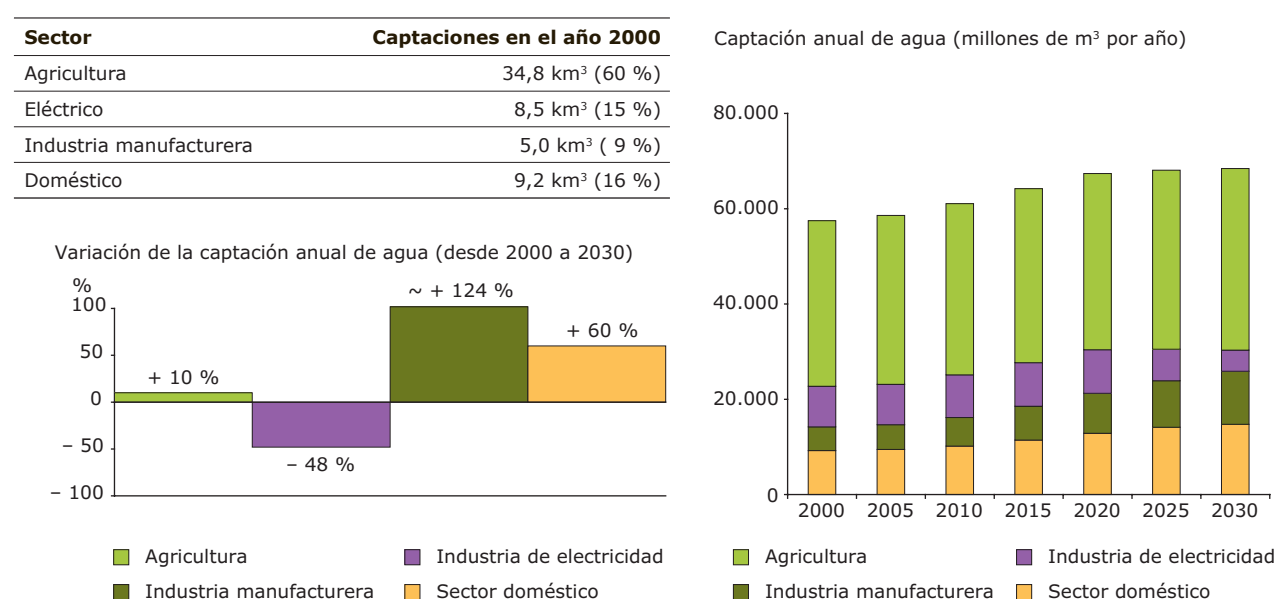
comparación con los recursos disponibles, pero en este caso se trata de grandes captaciones para la producción eléctrica, es decir, agua que se utiliza y después retorna al río poco contaminada.

Asumiendo una disminución acusada de la captación de agua para la producción de electricidad, cabe esperar que el estrés hídrico disminuya significativamente en los próximos 20 a 30 años, especialmente en las cuencas fluviales de Europa central (Rin, Elba, etc.). En realidad, el nivel de estrés hídrico es previsible que baje en las mayores cuencas hidrográficas de Europa en los próximos 30 años (véase la figura 4.11).

La situación es diferente en las cuencas hidrográficas de los países mediterráneos, donde se suman los efectos de una menor disponibilidad de agua a causa del cambio climático y una mayor captación de agua para el riego y la industria manufacturera (y en Turquía, también para el uso doméstico) y elevan el nivel de estrés hídrico (ejemplos destacados son los ríos Guadalquivir y Guadiana en España y el Kizil Irmak en Turquía).

En general, la elevación del nivel de estrés hídrico aumenta el riesgo relacionado con la producción de alimentos en las regiones propensas a las sequías. Un aumento de la superficie de regadío en las regiones con un nivel de estrés hídrico ya alto puede deteriorar el estado ecológico y químico de los cuerpos de agua dulce de dos formas distintas: aumentando la captación de agua y por consiguiente el nivel de estrés hídrico, y aumentando el flujo de retorno desde la agricultura ⁽¹⁴⁵⁾, cuya mayor carga contaminante puede disminuir aún más la calidad del agua. Esta situación pone de relieve la estrecha vinculación entre los problemas de cantidad y calidad del agua y las políticas agrarias.

Figura 4.10 Captación de agua en los países candidatos de la UE



Otra dimensión importante del estrés hídrico es la variabilidad intra-anual de la disponibilidad y la captación de agua, cuyos cambios pueden afectar a la frecuencia de inundaciones y sequías. Los recientes eventos meteorológicos extremos han sido considerados como un presagio de futuras condiciones, pero las investigaciones realizadas hasta el momento no han sido capaces de probar la existencia de un vínculo causal con el cambio climático. Sin embargo, se ha argumentado ⁽¹⁴⁶⁾ que el aumento de precipitación y el cambio en las pautas de nevada y deshielo aumentarán, probablemente, el riesgo de inundaciones en el norte de Europa, y que continuando la alta captación de agua en el sur de Europa junto con la disminución de precipitación, puede aumentar la frecuencia de las sequías hidrológicas.

4.3.4 Retos emergentes

La complejidad de las hipótesis con sus incertidumbres asociadas, sobre la disponibilidad y el uso del agua en diferentes sectores y regiones de Europa resalta la necesidad de disponer de estrategias integradas y multisectoriales para la promoción del uso sostenible de los recursos hídricos.

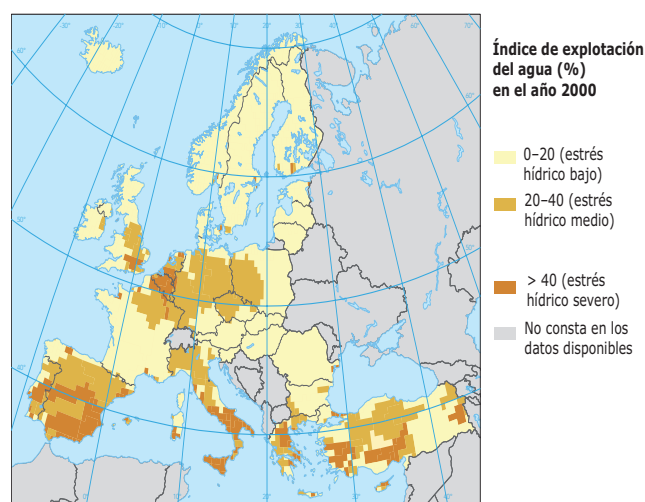
Dentro de esta perspectiva, la Directiva Marco de agua en Europa aborda la necesidad global de tales estrategias, aunque las políticas regionales y las medidas legales necesitan abordar individualmente los problemas específicos de cada cuenca hidrográfica. Los esfuerzos para disminuir la captación, implementar instrumentos legales apropiados, cambiar la tecnología

y establecer nuevas pautas de mejora de la eficiencia en el uso del agua, son importantes tanto en las cuencas hidrográficas con un estrés hídrico severo, como en las áreas con un aparente exceso de agua. Las fuerzas motrices que son claves para el estrés hídrico actual y el futuro se encuentran también en el núcleo de otras preocupaciones ambientales (ver capítulo 2). Por ello, las políticas hidráulicas abordan indirectamente un amplio espectro de asuntos ambientales y viceversa (por ejemplo, la producción de energía renovable suele utilizar la refrigeración con poca intensidad).

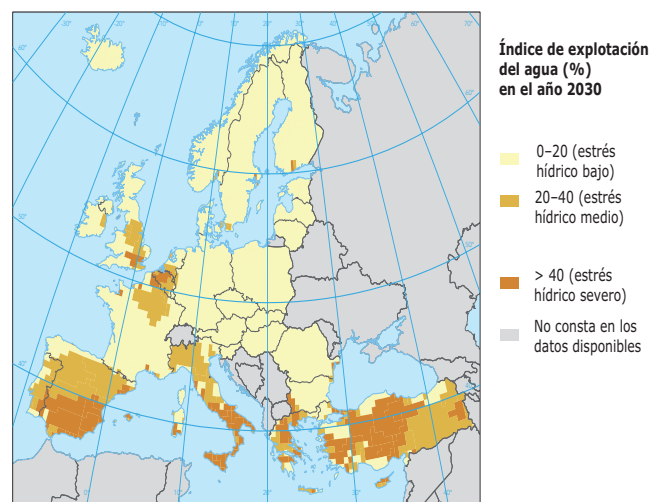
Un ejemplo de medida política para controlar o reducir la demanda de agua por los diferentes usuarios es el precio. De hecho, la mayoría de los países europeos ya han adoptado o están adoptando sistemas de tarificación del agua. Sin embargo, cuantificar los efectos de los precios del agua a nivel europeo, en particular de cara al futuro, resulta complejo. En general, un aumento del precio del agua conlleva una disminución del uso en los hogares. Sin embargo, el gasto en agua representa sólo un pequeño porcentaje del total de los ingresos de los hogares, por lo que no hay una clara correlación entre precio y cantidad usada. Hay que resaltar que el sector agrario paga tarifas mucho menores que otros sectores, en particular en el sur de Europa, donde el uso del agua para el riego es elevado y, en general, no se suele contabilizar. El aumento de precio es probable que tenga un efecto marcado sobre el uso del agua cuando se mide la utilización de agua, cuando el precio del agua en relación con los ingresos es alto, y cuando la cantidad utilizada es alta.

Mapa 4.5 Estrés hídrico en Europa

Estrés hídrico actual en las cuencas hidrográficas europeas



Estrés hídrico en las cuencas hidrográficas europeas según el escenario LREM-E para el año 2030



Recuadro 4.3 Definición de estrés hídrico

El estrés hídrico ocurre cuando hay una captación excesiva de agua respecto a los recursos disponibles en un área determinada.

El estrés hídrico se puede calcular mediante el índice de explotación del agua (IEA), que es el cociente entre la captación anual de agua y la disponibilidad media anual. Cuando la captación anual supera el 20% de la disponibilidad media anual en una cuenca hidrográfica, dicha cuenca está sometida a «estrés hídrico». Cuando supera el 40%, se considera que la cuenca tiene un «estrés hídrico severo». Cabe destacar que estos umbrales son valores medios empíricos, y que las regiones con un índice de explotación de agua inferior al 40% pueden experimentar un estrés hídrico severo en periodos de sequía o de bajo caudal.

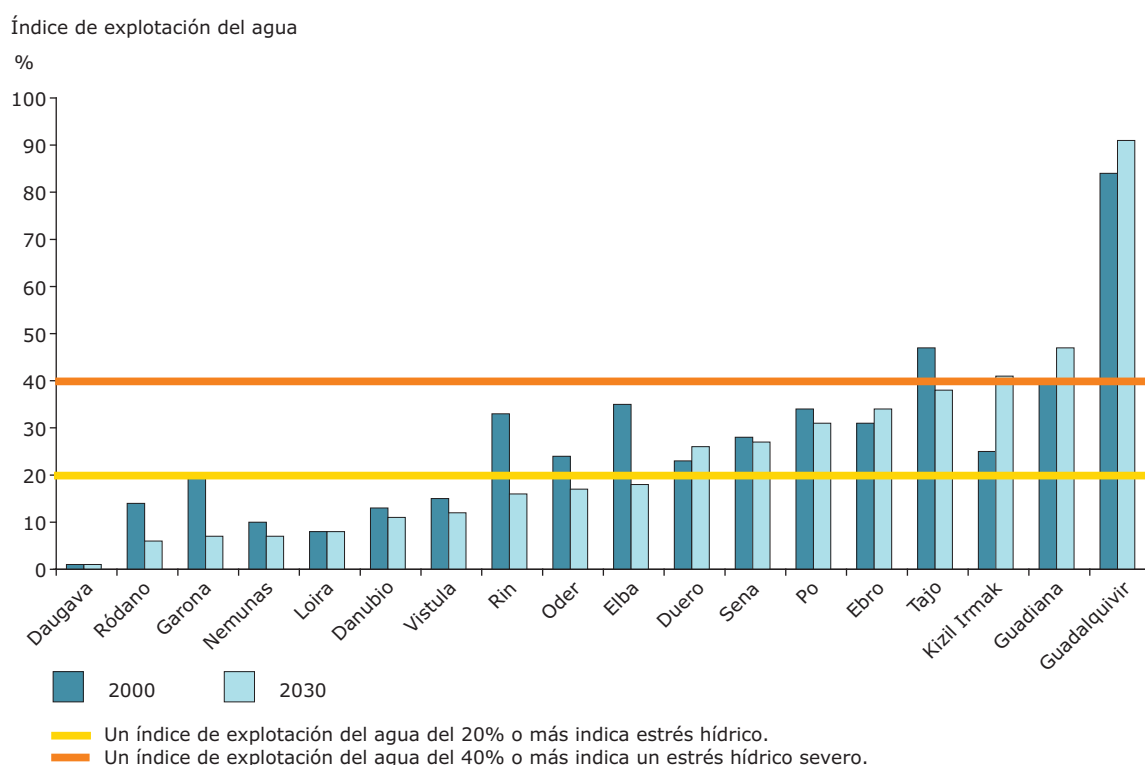
En general, los altos niveles de estrés hídrico son indicadores del desequilibrio en el estado cuantitativo y/o ecológico de los cuerpos de agua. El estrés hídrico provoca habitualmente una importante competencia entre los distintos usuarios del agua, posiblemente con limitaciones río abajo para el uso del agua en los periodos de bajo caudal. Del mismo modo, los requisitos mínimos de los ecosistemas acuáticos pueden verse amenazados en condiciones de estrés hídrico severo, con riesgos concretos aguas abajo para la salud ecológica de los humedales y los deltas de los ríos.

En otros estudios se han propuesto y usado diferentes formas de medir el estrés hídrico:

Índice de consumo de agua, que define el cociente entre el consumo total de agua y la disponibilidad media anual. El índice de consumo medio de agua en Europa está en torno al 3%. En la mayoría de los países del Mediterráneo, este índice se sitúa por encima del 10% (incluso por encima del 20% en España, Chipre y Malta).

Índice de disponibilidad del agua, que define la disponibilidad media anual de agua por persona. Una región se considera con nivel bajo de disponibilidad de agua cuando este índice está por debajo de 5.000 m³ por persona y año, y tiene «escasez de agua» cuando está por debajo de 1.000 m³ por persona y año. En las cuencas hidrográficas del sur de Europa y en las áreas densamente pobladas del oeste con precipitación moderada, este índice toma valores bajos.

Figura 4.11 Estrés hídrico en las grandes cuencas hidrográficas de Europa, 2000 y 2030



4.4 Enfoque sobre la calidad del agua

Mensajes claves

El aumento de la proporción de población conectada a la red de alcantarillado en Europa y el uso del tratamiento terciario permitirá la aplicación de la Directiva 91/271/CEE (sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas), lo que aumentará la cantidad de aguas residuales tratadas, a la vez que disminuirá la descarga total de nutrientes.

La distinta situación de los países de Europa respecto al sistema de tratamiento de aguas residuales es un desafío para la implantación de las directivas de la UE.

Se prevé que fuentes difusas de nutrientes (como la agricultura) se conviertan en asuntos prioritarios a abordar en la implantación de las directivas orientadas a minimizar el impacto ambiental (por ejemplo, el de la eutrofización).

En este apartado se analiza la proyección del nivel de referencia en la calidad del agua que aborda específicamente el problema de la descarga de nutrientes desde las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) existentes en Europa. La metodología utiliza un modelo técnico-económico sencillo, que vincula la descarga de nutrientes con el crecimiento de la población en áreas que están conectadas a la red de alcantarillado y con la evolución de la tecnología de tratamiento. La perspectiva abarca la mayor parte de los países de la UE e intenta reflejar el nivel de descarga de nutrientes, es decir, nitrógeno (N) y fósforo (P), tras la completa aplicación de la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas (91/271/CEE) ⁽¹⁴⁷⁾.

La producción industrial y el consumo doméstico han aumentado a una gran velocidad durante el último siglo, produciendo grandes cantidades de aguas residuales. La proporción de aguas residuales que se vierte directamente a las aguas superficiales depende del servicio de alcantarillado y el sistema de tratamiento instalado, además del contenido en elementos producidos o consumidos (por ejemplo, el fósforo de los detergentes). En Europa, la mayor parte de la carga del fósforo en las aguas superficiales procede de la descarga desde fuentes puntuales (en particular, los residuos municipales y los efluentes industriales), mientras que la carga de nitrógeno proviene principalmente de fertilizantes nitrogenados y el estiércol utilizado en la agricultura. El desarrollo del tratamiento de las aguas residuales se expone en el recuadro 4.4.

La normativa central de esta perspectiva es la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas (91/271/CEE) ⁽¹⁴⁸⁾. Esta Directiva, que es clave en la política de aguas de la UE, tiene como objetivo el proteger el medio ambiente de los efectos adversos del vertido de las aguas residuales urbanas. Establece unos requisitos mínimos para la recogida, el tratamiento y la eliminación de las aguas residuales, en función del tamaño de las aglomeraciones urbanas y el tipo y sensibilidad de las aguas receptoras.

En términos generales, esta Directiva debe estar plenamente implantada en los países de la UE15 a finales de 2005 y en los Nuevos-10 en el periodo 2008-2015. Para entonces, la mayor parte de la población urbana deberá estar conectada a instalaciones de tratamiento secundario o terciario.

Puesto que muchos países de la UE15 han retrasado la implantación de la Directiva 91/271/CEE y los países Nuevos-10 tienen diferentes periodos de transición, esta perspectiva sobre la descarga de nutrientes se realiza una vez que la directiva se haya implantado, en vez de informar sobre una fecha determinada. Son muchos los requisitos y fechas límites para el cumplimiento de esta Directiva y la incertidumbre es significativa respecto su implantación final.

Se espera que la aplicación de la Directiva 91/271/CEE tenga el siguiente desarrollo (figuras 4.12 y 4.13) ⁽¹⁴⁹⁾:

- Se espera un cambio drástico hacia el tratamiento terciario en los Nuevos-5 (Estonia, República Checa, Polonia, Hungría y Eslovenia) y en Bélgica y Luxemburgo (Grupo 2), a expensas del tratamiento primario o secundario y de una importante cantidad de vertido sin ningún tratamiento. En los Nuevos-5, se espera que estas mejoras vengan acompañadas de un aumento de la población conectada a estaciones depuradoras de aguas residuales (desde el 57% hasta el 70%).

En los países del Grupo 3 y el Reino Unido, donde una parte relativamente pequeña de su territorio ha sido definida como “área de especial sensibilidad”, se prevé que el futuro desarrollo del tratamiento de las aguas residuales se caracterice por el aumento de la población conectada (desde el 67% al 80%) y la extensión del tratamiento secundario.

Finalmente, en el Grupo 1 de países sólo se esperan cambios pequeños en el nivel y tipo de tratamiento de las aguas residuales, ya que casi todos ellos cumplen los requisitos de la Directiva (es decir, el

nivel y tipo de tratamiento de las aguas residuales), y sólo un pequeño porcentaje de sus aguas residuales reciben tratamiento primario o se vierten directamente sin ningún tratamiento.

- Se espera una disminución considerable de la descarga de nutrientes en los países en los que aumente drásticamente el tratamiento terciario. Bélgica y Luxemburgo tienen previsto una disminución de la descarga total de nitrógeno y fósforo de un 40 y 80%, respectivamente. En los Nuevos-5, se prevé que la descarga disminuya desde 3 a 2,3 kg de N/persona/año (disminución del 24%) y de 0,4 a 0,15 kg de P (62%).

Por el contrario, se prevé un aumento de la descarga total en los países del Grupo 3 al aumentar de manera significativa el porcentaje de población conectada a estaciones de depuración de aguas residuales, mientras que el tratamiento terciario continuará siendo limitado. Se estima que la descarga de nitrógeno y fósforo aumentará un 14%, lo que, en comparación con el aumento del 29% de la población conectada, conduce a una ligera disminución de la descarga de nutrientes *per cápita*.

Finalmente, se espera que las descargas permanezcan prácticamente constantes en los países (Grupo 1) que estén cerca de cumplir los requisitos de la Directiva.

- Se espera que la descarga total de nitrógeno y fósforo en los países con alto nivel de tratamiento terciario

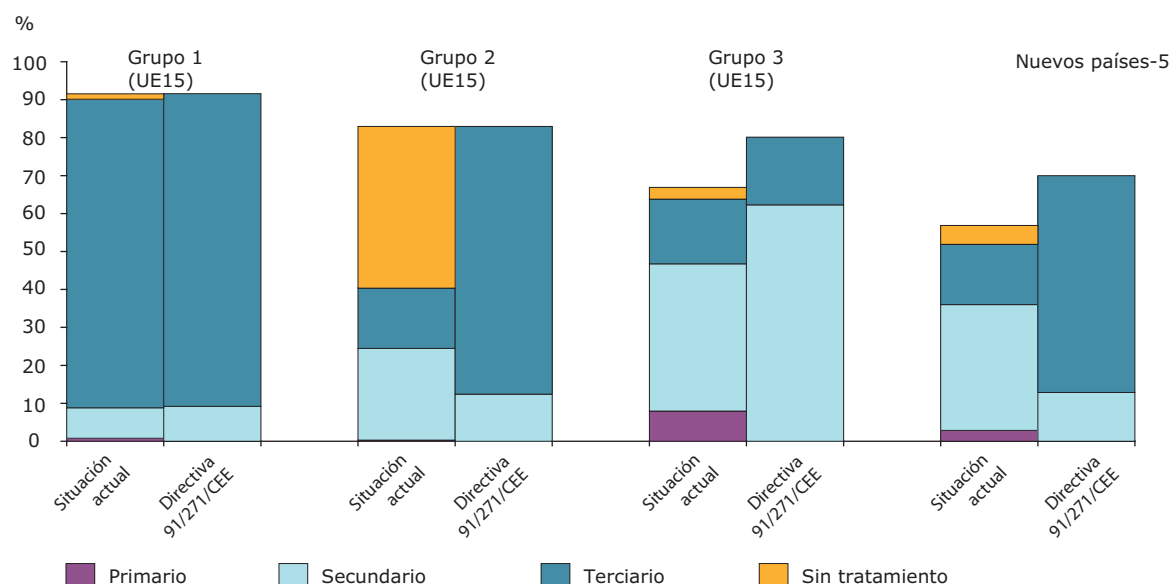
se sitúe en torno a 2,3 kg de N/persona/año y 0,1 kg de P/persona/año. En los países que dependen esencialmente de un tratamiento secundario, se espera que se produzcan descargas altas, estimándose que la descarga de fósforo se triplique.

- A nivel nacional, los datos e información sobre el tratamiento de las aguas residuales y la distribución de la población según el tamaño de las aglomeraciones urbanas, sólo están disponibles de una forma limitada y heterogénea, por lo que resulta muy difícil recopilar dicha información en un resumen general a nivel europeo. También hay algo de incertidumbre respecto al grado de implantación nacional de la Directiva sobre tratamiento de aguas residuales urbanas ⁽¹⁵⁰⁾. En consecuencia, las proyecciones aquí facilitadas están sujetas a algunas incertidumbres y pueden entrar en conflicto con los análisis nacionales.

Al aumentar la tasa de conexión de la población europea, la Directiva 91/271/CEE debería aumentar la descarga de nutrientes provenientes de las plantas de tratamiento. Sin embargo, el aumento del tratamiento terciario debería aumentar la cantidad de aguas residuales tratadas para alcanzar una disminución general de la descarga de nutrientes. El beneficio neto en el medio ambiente, al disminuir la descarga de nutrientes y el consiguiente grado de eutrofización, será considerable, sobre todo si se tiene en cuenta que las aguas residuales serán tratadas de forma cada vez más sistemática y eficiente en el futuro ⁽¹⁵¹⁾.

Figura 4.12 Nivel actual y nivel previsto de tratamiento de las aguas residuales en Europa

Población conectada a sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas (% de la población total)

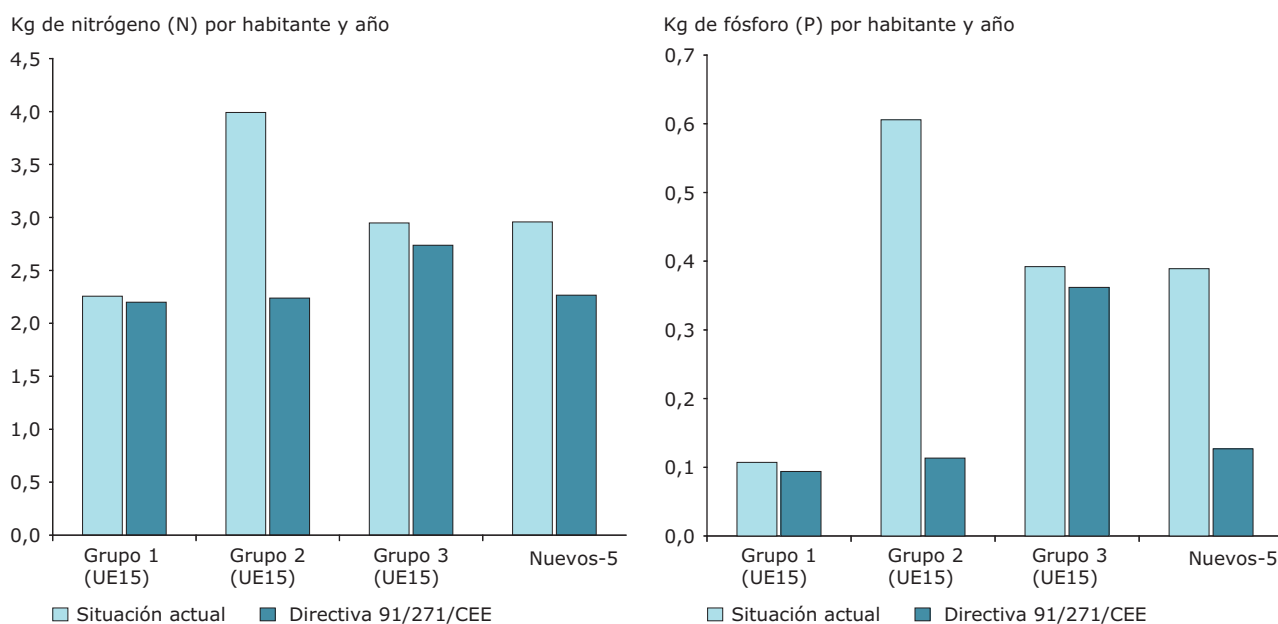


Sin embargo, las descargas de nutrientes desde las poblaciones rurales, por lo común no conectadas a sistemas de recogida, no se han tenido en cuenta en este informe. Algunos contaminantes pueden ser retenidos en el suelo y en los humedales antes de su descarga en el agua. Esto es particularmente importante en los Nuevos-10 países, donde casi un tercio de su población vive en áreas rurales. Se espera que su desarrollo económico induzca el movimiento de población desde las áreas rurales a las urbanas.

En esta perspectiva se ha abordado la evolución futura de la descarga de nutrientes desde las plantas de tratamiento, es decir, desde las fuentes puntuales. En este contexto, parece que la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas ha tenido éxito en cuanto a la mejora del tratamiento de las aguas residuales y la disminución de la descarga de nutrientes.

Sin embargo, las fuentes difusas siguen teniendo una gran importancia (alrededor del 50% del total de la contaminación por nutrientes), en particular a causa de sus múltiples impactos ambientales durante periodos de tiempo dilatados. Por ejemplo, el nitrógeno se estima que tarda unos 20 años en ser difundido totalmente en el agua. Controlar las descargas desde fuentes difusas será por tanto un tema clave a tener en cuenta en conexión con las prácticas agrarias y la implantación de la Directiva de nitratos. Bajo esta perspectiva, en el capítulo 3 se expone lo relacionado con la agricultura, incluyendo un escenario alternativo que resalta los potenciales beneficios medio ambientales de las mejores prácticas de uso de los fertilizantes. Los indicadores incluyen el futuro uso de fertilizantes, el balance de N-P-K (nitrógeno-fósforo-potasio) y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Figura 4.13 Descarga de nitrógeno y fósforo desde estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)



Recuadro 4.4 Panorámica general del desarrollo del tratamiento de las aguas residuales

En los últimos veinte años, se ha producido en la UE un aumento importante de la proporción de población conectada a redes de alcantarillado y a sistemas de tratamiento de aguas residuales. La mayoría de la población hoy está conectada a redes de alcantarillado y a estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas, pero existen algunas diferencias regionales. Más del 90% de la población que vive en los países de la zona noroccidental de la UE15, está conectada a dichas redes. Este porcentaje baja hasta situarse entre el 50 y el 80% de la población en los países del sur de la UE15 y a menos del 60% en los Nuevos-10. En la mayoría de los países de la UE, casi todas las aguas residuales que provienen de la red de alcantarillado se tratan en las plantas de tratamiento antes de su descarga final. Además, la mayoría de las industrias europeas vierten en la red de alcantarillado (lo que representa entre el 25% y el 60% de la descarga total, dependiendo del país) y sus aguas residuales se tratan en sus propias plantas de tratamiento urbano.

En las últimas dos décadas, el cambio más importante en el contenido de nutrientes de las aguas residuales se debe a la disminución de la cantidad de fosfatos en los detergentes domésticos, como consecuencia de las leyes y acuerdos voluntarios de muchos países europeos. Se ha observado una disminución mayor del 50% en el consumo de fosfatos (por ejemplo, en Alemania y Reino Unido), y en la actualidad, la mayoría de los detergentes no contienen fosfatos, aunque en los últimos años ha aumentado el uso de detergentes con fosfatos utilizados en lavavajillas. La disminución destacada del contenido en fósforo de los detergentes ha cambiado de forma significativa la carga de nutrientes en las plantas de tratamiento de aguas residuales: el fósforo (P) generado por persona ha disminuido desde 1,2-1,6 kg/año en la década de 1980, hasta su actual nivel de 0,9-1 kg/año. Por el contrario, la carga de nitrógeno (N) ha variado poco (el valor típico actual es de unos 5-6 kg de N/persona/año), ya que la ingesta de alimentos por persona en términos de proteínas no ha cambiado de forma significativa. También se ha producido una mejora significativa en la tecnología de tratamiento de aguas residuales. Aunque la situación varía de forma considerable en los países europeos, hay una tendencia general al aumento del tratamiento de las aguas residuales recogidas y una mayor relevancia del tratamiento terciario, dada su mayor tasa de retención de nutrientes (cercana al 60% de nitrógeno y el 90% de fósforo).

5. Señales clave y alertas tempranas

Este capítulo resume los principales mensajes contenidos en el informe elaborado por la AEMA en el año 2005 sobre las perspectivas del medio ambiente en Europa y los desarrollos previstos frente a los objetivos de la política actual europea. El informe evalúa las consecuencias medioambientales derivadas del desarrollo de las fuerzas motrices clave en Europa bajo un conjunto de hipótesis de referencia (basadas principalmente en la proyección de referencia de la Comisión Europea contenida en la publicación «Tendencias europeas de la energía y el transporte para 2030» de la Dirección General de Energía y Transporte que también fue utilizada en el programa «Aire Puro para Europa» (CAFE) de la DG de Medio Ambiente) y en los escenarios alternativos.

Aunque con esta información la perspectiva se encuentra firmemente cimentada, con un enfoque bien documentado y legítimo sobre desarrollos futuros verosímiles, dichas hipótesis conllevan siempre cierto grado de incertidumbre, que es mayor en ciertas áreas (por ejemplo, perspectivas macroeconómicas, evolución de precios del petróleo) que en otras (por ejemplo, población, progreso tecnológico). En particular, las hipótesis realizadas no reflejan necesariamente la situación a corto plazo y los movimientos de los mercados. El resultado final de este análisis se vería afectado si las evoluciones futuras de las fuerzas motrices clave fueran significativamente distintas a lo previsto.

Titulares

Se espera que determinados cambios en las pautas demográficas europeas —envejecimiento de la sociedad, despoblación rural y creciente número de hogares— aumenten algunas presiones sobre el medio ambiente. Se prevé que la población total de la UE25 permanezca prácticamente estable en los próximos 30 años, cercana a los 460 millones de habitantes. Sin embargo, se espera que el tamaño medio de los hogares disminuya hasta alcanzar las 2,5 personas, con lo que el número total de hogares crecería más de un 20%. En general, más hogares implican un mayor consumo energético y, hasta ahora, un aumento en las necesidades de agua y un incremento en la generación de residuos, lo que se traduce en más presiones sobre el medio ambiente. Al mismo tiempo, se prevé un crecimiento de la edad media de la población (más del 20% será mayor de 65 años en el 2030, en comparación con el 15% actual). Además, la dependencia de la tercera edad aumentará fuertemente en los próximos 20 años. Las posibles implicaciones para el medio ambiente incluyen una presión mayor, debido a un aumento en el número de segundas residencias (y, por lo tanto, un mayor consumo de energía y agua y una mayor generación de residuos), en el turismo (con más jubilados y personas de mayor edad), en

la necesidad de servicios médicos y sociales y en los posibles cambios de actitud en relación con problemas medioambientales.

Se espera cumplir con los objetivos establecidos a corto plazo relativos a la emisión de gases de efecto invernadero en Europa, siempre y cuando se lleven a cabo todas las políticas y medidas adicionales planificadas actualmente. Si tenemos en cuenta únicamente las medidas y políticas nacionales existentes (hasta mediados de 2004), se espera que las emisiones en la UE para el intervalo 2008–2012 disminuyan un 3% con respecto a los niveles de 1990, en comparación con la cifra del 8% prevista en el Protocolo de Kioto. Se espera que los 10 nuevos Estados miembros contribuyan de manera significativa a limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la UE, ya que se prevé que cumplan sobradamente con sus objetivos y reduzcan sus emisiones en un 18% con respecto a los niveles de 1990. Sin embargo, teniendo en cuenta los últimos desarrollos políticos (por ejemplo, el esquema de comercio de las emisiones y los planes nacionales de asignación analizados y adoptados por la Comisión Europea en la segunda mitad de 2004), y suponiendo que los Estados miembros implanten todas las políticas adicionales y las medidas y los proyectos de terceros países que se están planificando en la actualidad, incluyendo diversos recortes en emisiones que superan sus obligaciones, es posible que la UE15 cumpla con los objetivos impuestos por el Protocolo de Kioto.

No se espera cumplir con los objetivos europeos a largo plazo relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero, que fueron definidos para prevenir los cambios climáticos perjudiciales. Las previsiones indican que las medidas y políticas domésticas existentes, por sí solas, podrían no ser suficientes para que las emisiones alcancen el objetivo de la UE de una reducción media anual de un 1% hasta el año 2020 (tal y como se define en la Estrategia de desarrollo sostenible). En marzo de 2005, el Consejo de Medio Ambiente reafirmó un objetivo indicativo situado entre el 15 y el 30%. En cambio, se prevé que las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE aumenten en el año 2020 un 4% con respecto a los niveles de 1990. Por ello, salvo que se alcancen a nivel mundial y europeo reducciones en las emisiones de carácter más profundo, el límite de un aumento de la temperatura media global a 2° C, establecido como objetivo político de la UE, se sobrepasará en la segunda mitad de este siglo (objetivo definido en el Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente y reafirmado en las conclusiones del Consejo Europeo en marzo de 2005). Como continuación de la proyección de referencia, se prevé que el aumento de la temperatura media global para el año 2100 pueda estar incluso por encima de los 3° C. Es probable que esta situación

provoque cambios posteriores en las precipitaciones, un aumento en el nivel del mar y un cambio en la magnitud y frecuencia de algunos fenómenos climatológicos extremos. Incluso no se consideran del todo inverosímiles ciertos cambios extremos y repentinos, como el colapso de la «Corriente del Golfo» o el ecosistema Ártico.

Sin embargo, se dispone del potencial para una reducción masiva de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE a largo plazo (hasta un 40% por debajo de los niveles de 1990 en los próximos 30 años). Aunque esta situación puede ser posible tecnológicamente, dependerá de la implantación de las políticas climáticas de largo alcance. Esta drástica reducción es una de las muchas formas posibles en que la UE puede alcanzar los objetivos a largo plazo para detener el cambio climático definidos en el Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente. La clave para alcanzar las elevadas reducciones en las emisiones pasa por efectuar un importante cambio en el sistema energético de la UE, utilizando fuentes alternativas de energía y haciendo un mayor uso de las tecnologías respetuosas con el medio ambiente. El análisis indica que las reducciones de las emisiones de GEI dentro de la UE representarían un aumento de la cuota del esfuerzo total (alrededor del 50% en el año 2020 y de 70% en 2030). El resto quedaría cubierto por el uso de mecanismos flexibles (tal y como se definió en el Protocolo de Kioto).

Se espera que la contaminación atmosférica y su impacto sobre la salud y los ecosistemas disminuya de manera importante. Sobre la base de las medidas y las políticas existentes, se espera que disminuyan de manera significativa (en más de un 35%) todas las emisiones de los contaminantes atmosféricos de origen terrestre (salvo el amoníaco) hasta el año 2030. Se espera, por tanto, que la UE cumpla de forma global con los objetivos acordados para 2010 en la Directiva sobre techos nacionales de emisión. Sin embargo, aunque varios Estados miembros se encuentran bien encaminados para cumplir con los techos de emisión, otros todavía no lo están. Por el contrario, se prevé que las emisiones producidas por el transporte marítimo internacional aumenten considerablemente para el año 2030 (en más de un 80%). Se estima que la implantación de todas las medidas técnicas factibles (las mejores tecnologías disponibles) permitirá una mayor reducción de las emisiones atmosféricas. Puesto que se espera que la calidad global del aire en Europa mejore de forma importante, los impactos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas podrían disminuir de manera sustancial, aunque es previsible que se mantengan grandes diferencias entre los distintos países europeos. En particular, se espera que sigan siendo importantes los impactos negativos en áreas densamente pobladas de la UE, lo que exigirá posteriores esfuerzos para lograr el cumplimiento de los objetivos a largo plazo.

Se prevé que disminuya de manera significativa el uso del agua en la mayor parte de Europa. Sin embargo, muchas cuencas de los ríos mediterráneos continuarán enfrentándose a un elevado estrés hídrico. Se prevé que las captaciones totales de agua en

Europa disminuyan más de un 10% entre el año 2000 y el 2030. En el norte y el este de Europa, el perfil sectorial del agua está cambiando; las principales captaciones de agua están pasando del sector eléctrico (reducciones del 70% o más) a la industria manufacturera (aumentos de más del 30%) y al sector doméstico (disminuciones en el norte y en el oeste de Europa, aumentos en el este). En efecto, se espera que las captaciones de agua para los sistemas de refrigeración utilizados en los procesos de generación de energía por unidad de electricidad producida disminuyan acusadamente (más de un 95%) como consecuencia del cambio de las tecnologías usadas (de refrigeración sin recirculación a técnicas basadas en torres de refrigeración). Sin embargo, aunque estas nuevas tecnologías reducen considerablemente la captación de agua, el consumo de agua aumenta ligeramente debido a la evaporación. En el sur de Europa, las captaciones para la agricultura continuarán dominando el consumo del agua (más del 40% del total). Con una superficie regada cada vez mayor y un índice de precipitaciones en descenso debido al cambio climático, se prevé que el regadío aumente en más de un 10% en esta región, volviéndola particularmente vulnerable a los eventos climáticos extremos. Es previsible que determinadas cuencas fluviales que en la actualidad ya sufren de estrés hídrico, tales como las del Guadalquivir y el Guadiana, en la Península Ibérica, así como la mayoría de las del sur de Italia, Grecia y Turquía, lo sigan experimentando e incluso aumenten su grado de estrés.

Se espera que la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CEE) produzca una importante reducción en el vertido global de nutrientes desde sus puntos de origen. Con la implantación de la Directiva 91/271/CEE, se prevé que la tasa de conexión al tratamiento de las aguas residuales de la población europea crezca más del 80% en la UE15 y el 70% en los cinco nuevos Estados miembros analizados en este informe. Gracias a este hecho y en combinación con un mayor uso del tratamiento terciario, se espera reducir considerablemente las emisiones de nitrógeno (N) y de fósforo (P) (por ejemplo, un 40% (N) y un 80% (P) en Bélgica, y un 24% (N) y un 62% (P) en los cinco nuevos Estados miembros). En aquellos países donde se aumente la conexión de su población a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, pero que continúen basándose mayoritariamente en tratamientos secundarios, se espera que las emisiones globales aumenten ligeramente (14%), mientras que se reducirán los vertidos *per cápita* de nutrientes. Sin embargo, se prevé que sigan siendo un importante problema de contaminación del agua los vertidos de nutrientes de las poblaciones rurales no conectadas a sistemas de tratamiento de aguas residuales (alrededor del 30% de la población total en los nuevos Estados miembros) y provenientes de otras fuentes difusas, tales como la agricultura (por ejemplo, correspondientes al aumento esperado en el uso de fertilizantes en los nuevos Estados miembros). Por tanto, si queremos mejorar aún más la calidad del agua, resulta vital insistir en trasladar el foco de atención política de las fuentes puntuales a las fuentes difusas, por ejemplo mediante las técnicas de gestión de las cuencas de recepción de

aguas introducidas en la Directiva Marco sobre el agua. Este hecho facilitará el tratamiento de los problemas relacionados con la calidad del agua en las corrientes subterráneas, ríos y mares, a pesar de la complejidad medioambiental de la contaminación difusa.

La reciente ampliación de la UE continúa proporcionando nuevas oportunidades y amenazas ambientales. La legislación de la UE ha provocado, en muchos casos, la aparición de legislaciones medioambientales más estrictas en los 10 nuevos Estados miembros, pero las perspectivas de mejora económica y el mayor nivel de consumo privado aumentarán las cargas sobre el medio ambiente. Entre los desarrollos importantes que se espera que tengan lugar en los nuevos Estados miembros, se puede destacar lo siguiente:

- **Se prevé un aumento en el uso de abonos minerales, con lo que se producirá un aumento considerable en las presiones sobre el medio ambiente relacionadas con la agricultura.** Para el año 2020 se prevé un aumento del 35% en el uso de fertilizantes de nitrógeno, mientras que los basados en fosfatos y potasio aumentarán hasta un 50%. Se espera que el uso de fertilizantes en la UE15 permanezca prácticamente estable. Este hecho refleja la expectativa de que el crecimiento en la producción agraria de los nuevos Estados miembros provendrá principalmente de un aumento considerable de los rendimientos y cuotas de aplicación. Sin embargo, a pesar de las mejoras en el rendimiento, el uso de abonos minerales seguirá siendo significativamente menor en los nuevos Estados miembros que en la UE15.
- **Se prevé que la captación de agua para usos domésticos aumentará de forma significativa cuando el consumo de agua por persona se aproxime a la media de la UE15.** Se espera que la extracción total de agua aumente hasta un 75%, ya que se supone que el consumo de agua en los nuevos Estados miembros (40–100 m³/persona/año) aumentará gradualmente hasta alcanzar la media de la UE15 (125 m³).
- **Se prevé que la generación de residuos se disocie de forma significativa (en términos absolutos) del PIB, en particular a nivel municipal.** Este hecho refleja que, en la década pasada, el vínculo existente entre la generación de residuos y el PIB en los nuevos Estados miembros era más débil que en el caso de la UE15. La convergencia y recuperación económica también proporcionan oportunidades para adoptar tecnologías mejores y más actualizadas. Este hecho contrasta con la UE15, donde no se espera que las cantidades de la mayoría de los residuos se disocie de manera significativa del PIB.
- **Sin medidas adicionales, se prevé que la productividad de los recursos siga siendo cuatro veces inferior que en la UE15.** Aunque en la pasada década se han realizado progresos significativos, no se espera que la productividad de los recursos en los nuevos Estados miembros mejore hasta alcanzar la existente en la UE15, si no se utilizan medidas adicionales. Existen importantes oportunidades

y margen de acción que podrían mejorar en gran medida la situación, tanto en los nuevos Estados miembros como en el conjunto de la UE. A nivel europeo, este hecho también supone una oportunidad para implantar mecanismos efectivos desde el punto de vista de los costes (tales como la aplicación conjunta y los mecanismos de desarrollo limpio que proporcionan instrumentos basados en el mercado para reducir las emisiones de GEI), o el «gran salto» hacia el uso de tecnologías más novedosas y más eficientes desde el punto de vista de los recursos.

- **Se espera que los 10 nuevos Estados miembros contribuyan de manera significativa a limitar las emisiones de GEI en la UE, ya que se prevé que reduzcan sus emisiones un 18% con respecto a los niveles de 1990 en el periodo 2008-2012** (véase más arriba).

El cambio actual hacia técnicas más integradas con respecto a las políticas medioambientales proporciona nuevas oportunidades para mejorar el futuro estado del medio ambiente europeo. Para numerosos problemas medioambientales, la legislación pasada y actual ha abordado con éxito los «grandes contaminantes», pero se prevé la aparición de nuevas inquietudes relacionadas con el consumo individual y las fuentes difusas de contaminación. Por ejemplo, aunque se han efectuado progresos importantes con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con el consumo de energía primaria y con la industria, las proyecciones muestran unos aumentos continuos correspondientes al sector de transportes. Las políticas están reduciendo los vertidos desde las fuentes puntuales, pero prácticamente no tienen en cuenta las fuentes difusas. Se prevé un cambio en la naturaleza de las presiones sobre el medio ambiente, desplazándose desde la producción (donde se han producido mejoras en términos de aumentos de la eficiencia ecológica y de soluciones al final del proceso) hacia el consumo, y desde grandes fuentes puntuales hacia fuentes más difusas y fragmentadas (incluyendo los hogares, la agricultura y la infraestructura de transportes). Un cambio en el enfoque político desde las fuentes puntuales de gran tamaño a las fuentes difusas fragmentadas no es una tarea sencilla y requiere nuevas estrategias. Esto puede exigir que los responsables políticos presten más atención a las fuerzas motrices comunes del cambio que están detrás de la mayoría de las preocupaciones medioambientales existentes en Europa. Áreas como el transporte y la agricultura proporcionan un punto de entrada natural y lógico para tales discusiones, ya que comparten fuerzas motrices clave (población y crecimiento económico, preferencias individuales y pautas de consumo) y tienen un gran impacto en el medio ambiente. También habrá que prestar la debida atención a los procesos de ajuste y desajuste de las políticas europeas, ya que, en ocasiones, las distintas políticas entran en conflicto entre sí en relación con los objetivos medioambientales (por ejemplo, la política de transporte y las estrategias de reducción de las emisiones). La coherencia y efectividad de las políticas de la UE podrían mejorarse de manera significativa confiando más en estrategias políticas integradas que abordaran conjuntamente, desde un principio, los problemas sectoriales y medioambientales.

Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente -- ¿Estamos en el buen camino?**Acción para hacer frente al cambio climático**

Objetivo	Perspectiva	Región
El compromiso del Protocolo de Kioto de reducir las emisiones de GEI en un 8% en el período 2008-2012, con respecto a los niveles de 1990, en el conjunto de la Comunidad Europea (Art. 5.1)	-> Contando sólo con las políticas y medidas domésticas existentes (desde mediados de 2004), se espera una reducción de las emisiones inferior al 3% en la UE	UE25
	-> Sin embargo, teniendo en cuenta los últimos desarrollos políticos ⁽¹⁵²⁾ y todas las políticas, medidas y proyectos de terceros países que han sido planificados adicionalmente hasta ahora, sería posible que la UE15 cumpliera con sus objetivos ⁽¹⁵³⁾	UE15
Objetivo a largo plazo de un aumento máximo en la temperatura del planeta de 2°C con respecto a los niveles preindustriales (Art. 2) (154)	-> La temperatura global aumentará más de 3 °C de aquí al año 2100	UE25
	-> Posibilidad de alcanzar el objetivo mediante grandes reducciones de las emisiones de GEI mundiales y europeas a largo plazo	UE25
Alentar el uso de fuentes de energía renovables[...] fijando un objetivo indicativo del 12% del uso energético total para el año 2010 (Art. 5.2 (ii (c))) ⁽¹⁵⁵⁾	-> Se espera que las fuentes de energía renovables sobre el total de energía utilizada representen aproximadamente el 7,5% en el año 2010	UE25
Duplicar la cuota comunitaria total de la generación combinada de calor y electricidad hasta un 18% de la generación bruta de electricidad (Art. 5.2 (ii (d)))	-> Se prevé que la cogeneración de electricidad y calor sobre la producción total bruta de electricidad esté próxima al 16% en el año 2030	UE25
Fomentar el desarrollo y la utilización de combustibles alternativos en el sector transportes (Art. 5.2 (iii (f))) ⁽¹⁵⁶⁾	-> Se espera que los biocarburantes representen un 1%, 2% y 4,5% en los años 2005, 2010 y 2030 respectivamente sobre la demanda total de energía en el transporte.	UE25
Disociar el crecimiento económico y la demanda de transporte (Art. 5.2 (iii (h))) ⁽¹⁵⁷⁾	-> A lo largo de los próximos 30 años se prevé una relativa disociación del transporte de mercancías y pasajeros con respecto al PIB	UE25

Acción sobre la naturaleza y la biodiversidad

Objetivo	Perspectiva	Región
Detener el deterioro de la biodiversidad con el fin de alcanzar este objetivo de aquí a 2010 (Art. 6.1)	-> En algunos países de Europa se espera una pérdida en el número de especies vegetales como consecuencia del cambio climático	UE25
Proteger la naturaleza y la biodiversidad de las formas de contaminación perjudiciales y asegurar su adecuada recuperación (Art. 6.1)	-> Sobre la base de las políticas y medidas existentes, se prevé que la contaminación atmosférica y sus impactos sobre la salud y los ecosistemas disminuyan de forma significativa hasta el año 2030	UE25
Fomento de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente, incluyendo métodos extensivos de producción, prácticas agrícolas integradas y la agricultura ecológica (Art. 6.2 (f))	-> Se espera una expansión moderada de las buenas prácticas agrícolas	UE25

Acción sobre el medio ambiente y la salud y la calidad de vida		
Objetivo	Perspectiva	Región
Asegurarse de que el ritmo de extracción de recursos hídricos sea sostenible a largo plazo (Art. 7.1) ⁽¹⁵⁸⁾	-> Para el año 2030, se espera una disminución de las captaciones totales de agua, pero el estrés hídrico continuará en Europa meridional	UE25
Alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a riesgos o efectos negativos significativos sobre la salud humana y el medio ambiente (Art. 7.1) ⁽¹⁵⁹⁾	-> Sobre la base de las políticas y medidas existentes, se prevé que todas las emisiones de contaminantes atmosféricos terrestres (salvo el amoníaco) disminuyan de forma significativa hasta el año 2030	UE25
	-> Se espera que la UE en su conjunto cumpla con los objetivos para el año 2010 de la directiva techos nacionales de emisión	UE25
	-> Se espera que los impactos sobre la salud humana y los ecosistemas disminuyan de forma sustancial, aunque seguirán existiendo grandes diferencias entre los distintos países europeos	UE25
Uso sostenible y calidad elevada del agua, garantizar un elevado nivel de protección de las aguas superficiales y subterráneas, evitando la contaminación (Art. 7.2 (e)) ⁽¹⁶⁰⁾ ⁽¹⁶¹⁾	-> Se espera que la directiva sobre aguas residuales urbanas reduzca de manera significativa el vertido global de nutrientes	UE25
	-> Se espera una reducción moderada de los excedentes de nutrientes agrícolas para el año 2020	UE15
	-> Se espera un aumento importante en las presiones en los Nuevos-10 debido al uso de abonos minerales	Nuevos-10
Acción sobre la gestión y el uso sostenible de los recursos naturales y de los residuos		
Objetivo	Perspectiva	Región
Objetivo indicativo de alcanzar el 22% de la producción de electricidad a partir de fuentes de energía renovables para 2010 (Art. 8.1) ⁽¹⁶²⁾	-> Se espera que la producción de electricidad utilizando energías renovables crezca hasta alcanzar el 15% en el año 2010	UE25
Importante disminución de la cantidad de residuos producidos (Art. 8.1) ⁽¹⁶³⁾	-> La generación de residuos continuará creciendo en Europa. En los Nuevos-10 se producirá una disociación relativa con respecto al crecimiento del PIB (pero no en la UE15)	UE25
Determinación de metas y objetivos para la eficiencia de los recursos y su menor uso (Art. 8.2 (i (c)))	-> Se espera que la productividad de los recursos siga siendo cuatro veces inferior en los Nuevos-10 que en la UE15	UE25

6. Incertidumbres y lagunas de información

Cualquier ejercicio de elaboración de perspectivas implica un cierto número de incertidumbres y carencias relacionadas, por ejemplo, con las estrategias metodológicas utilizadas o con el ámbito del estudio. Estas limitaciones y lagunas de información son inherentes a cualquier evaluación de futuros posibles, y esta perspectiva se habría beneficiado de información adicional que hubiera cubierto algunos problemas que se analizan más adelante (¹⁶⁴).

El principal factor limitante a la hora de desarrollar una perspectiva medioambiental global ha sido la carencia de datos, de información o de modelos que cubrieran algunos problemas medioambientales. En muchos aspectos, estas lagunas reflejan el hecho de que algunos problemas medioambientales han emergido únicamente como áreas de prioridad en los últimos años, o que el conocimiento científico y los esquemas de supervisión medioambiental no permiten todavía el desarrollo de perspectivas con la suficiente confianza. Este aspecto es particularmente cierto en relación con el desarrollo de una perspectiva sobre biodiversidad europea. Las pautas de asentamiento, riesgos naturales, fuentes de contaminación difusa y los vínculos existentes entre sustancias químicas y salud, son también áreas científicas que parecen pertenecer a esta categoría. Aunque poco a poco aumenta la disponibilidad de los indicadores que ayudan a entender algunos de estos problemas medioambientales (por ejemplo, el índice de capital natural), los modelos que permitirán efectuar evaluaciones futuras están todavía en desarrollo o en revisión.

El ejercicio de elaboración de la presente perspectiva se ha basado en gran medida en modelos cuantitativos, y por ello está sujeto a diversas limitaciones en términos

de opciones metodológicas, lagunas de datos, cobertura espacial e incertidumbres propias. El análisis explícito espacial se ha limitado a los problemas de los impactos sobre el cambio climático y estrés hídrico.

Una deficiencia adicional de este ejercicio es que algunas retroalimentaciones no se han cuantificado formalmente, como por ejemplo los vínculos de retroalimentación existentes entre los impactos del cambio climático y la disponibilidad del agua en las actividades agrícolas. Además, aunque se han tenido en cuenta sumideros en el análisis del cambio climático, no existe un análisis cuantitativo sobre la cuestión de la silvicultura.

Asimismo, algunos problemas medioambientales implican incertidumbres particularmente importantes, o incluso la carencia de una comprensión suficiente de las dinámicas subyacentes, dificultando al máximo los análisis sobre un escenario de referencia determinado. Estos problemas requieren una estrategia más amplia en la que se analicen una serie de escenarios igualmente posibles pero contrapuestos. En estos casos, las herramientas de modelado no son necesariamente la mejor forma de desarrollar criterios a largo plazo sobre el futuro, ya que, normalmente, pasan por alto los posibles cambios de paradigma de toda la sociedad (culturales, de comportamiento o tecnológicos) que rodean a cualquier problema sectorial, choques o sorpresas. El futuro de los entornos urbanos y rurales, la cobertura del suelo y el uso del mismo, la calidad de vida y el problema de los súbitos cambios extremos en el medio ambiente son ejemplos de ello (¹⁶⁵). No obstante, los hallazgos de esta perspectiva (en combinación con los resultados obtenidos en otros ejercicios) pueden proporcionar un punto de partida para explorar otros problemas no abordados directamente en este informe.

Notas a pie de página

- (¹) Este concepto de «desarrollo sostenible» deriva del «Informe Brundtland», véase Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, *World Commission on Environment and Development*, WCED (1987).
- (²) La Unión Europea estableció estos objetivos en marzo de 2000 en su «Estrategia de Lisboa para la renovación económica, social y medioambiental», véase http://europa.eu.int/comm/lisbon_strategy/index_en.html.
- (³) La Agencia Europea de Medio Ambiente debe «publicar cada cinco años un informe sobre la situación, las tendencias y las perspectivas del medio ambiente, acompañado de informes de indicadores sobre temas específicos» (Reglamento (CEE) nº 1210/90 del Consejo por el que se crea la Agencia Europea de Medio Ambiente, Artículo 2 (vi)).
- (⁴) Uno de los objetivos del informe de la AEMA de 2005 sobre el Estado del medio ambiente y sus perspectivas, es apoyar a la Comisión Europea en la revisión a medio plazo de su Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente. Este programa se centra en cuatro áreas prioritarias: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, uso sostenible de los recursos naturales y residuos y medio ambiente y salud. Los problemas abordados también guardan relación con la Estrategia para el desarrollo sostenible de la UE.
- (⁵) Véase el Anexo 1 para obtener una visión general de la cobertura geográfica y de las agrupaciones de países que se han usado en este informe.
- (⁶) El enfoque metodológico de desarrollo utilizado en esta perspectiva sigue de cerca el Reglamento del Consejo de la AEMA (CEE) nº 1210/90 Artículo 2 (vii) sobre «estimular el desarrollo y la aplicación de técnicas de previsión en el ámbito del medio ambiente para que puedan adoptarse a tiempo las medidas preventivas adecuadas».
- (⁷) El conjunto de hipótesis refleja la proyección de referencia, y desempeña así el papel de un escenario de referencia o de partida. Incluye todas las políticas implantadas y adoptadas y refleja las expectativas actuales en términos de desarrollos macroeconómicos, sectoriales, tecnológicos y sociales. Dentro de este marco, no se asume *a priori* el logro de los objetivos definidos en las directivas y normativas. Estrictamente hablando, difiere del escenario «sin cambios» que normalmente implica que todas las hipótesis, por ejemplo sobre políticas y tecnologías, continúan como en el pasado, mientras que el escenario de base refleja las expectativas actuales, incluyendo donde éstas diferencian considerablemente de las tendencias pasadas (por ejemplo, nuevas tecnologías, cambios en los precios de los bienes de consumo).
- (⁸) Para una visión de conjunto, véase AEMA, 2000. El anexo 4 incluye un glosario de términos usados en el contexto de los ejercicios de elaboración de perspectiva y escenarios. Para más información, véase AEMA 2001a, 2001b.
- (⁹) Para obtener más referencias y un análisis más detallado de la emisión de gases de efecto invernadero y cambio climático, véanse, por ejemplo, AEMA 2004b, AEMA, 2004c, AEMA, 2005a, así como diversas publicaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por ejemplo IPCC 1990, 1992, 2000).
- (¹⁰) El objetivo de la Unión Europea de limitar el aumento de la temperatura media global a menos de 2°C en comparación con los niveles preindustriales se encuentra documentado en el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente y fue reafirmado por el Consejo Europeo en la primavera de 2005.
- (¹¹) Para más referencias y un análisis más detallado de la calidad del aire y de la contaminación atmosférica, véase, por ejemplo, AEMA, 2004a.
- (¹²) Las partículas finas en suspensión son un tipo de contaminación atmosférica que consiste en una mezcla de partículas que varían en tamaño, composición y origen. Éstas incluyen PM₁₀ y PM_{2,5}, cuyos tamaños están por debajo de los 10 µm y los 2,5 µm respectivamente. Entre 1996 y 2001, entre el 25 y el 45% de la población urbana de la UE se encontraba expuesta a concentraciones de partículas que excedían el valor límite de la UE (AEMA, 2004a).
- (¹³) El programa Aire Puro para Europa (CAFE) sostiene el desarrollo de una estrategia temática para consolidar una política coherente e integrada sobre contaminación atmosférica requerida en el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente de la UE. Para más detalles, véase la sección 2.3.
- (¹⁴) Para más referencias y conocer un análisis más detallado sobre estrés hídrico y calidad del agua, véase, por ejemplo, AEMA, 2004a; Lehner *et al.*, 2000 y Henrichs *et al.* 2002.
- (¹⁵) Para más referencias y un análisis más detallado sobre naturaleza y biodiversidad, véase, por ejemplo, AEMA, 1999.
- (¹⁶) Para más referencias y un análisis más detallado sobre la degradación y la calidad del suelo, véase, por ejemplo, AEMA, 1999.
- (¹⁷) Como respuesta a las preocupaciones sobre degradación del suelo, la UE tiene la intención de implantar una estrategia temática sobre protección del suelo como parte del Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente.
- (¹⁸) Cabe destacar que estas revisiones globales y exhaustivas ya existen actualmente, por ejemplo, Millennium Ecosystem Assessment, MEA, 2005; OCDE, 2001; IPCC, 2000 y SEI, 1998.
- (¹⁹) Decisión nº 1600/2002/CE del Consejo y del Parlamento Europeo del 22 de julio de 2002 por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente; véase también la Comunicación de la Comisión Europea sobre el «Sexto Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente. Medio ambiente 2010: nuestro futuro está en nuestras manos» (COM (2001)29).
- (²⁰) Éste fue el nombre asignado al proceso lanzado por los Jefes de Estado y de Gobierno europeos (el Consejo Europeo) en la reunión celebrada en Cardiff, en junio de 1998, en la que se exigía que las distintas formaciones del Consejo integraran sus consideraciones ambientales en sus actividades respectivas, llevando a la práctica el artículo 6 del Tratado de la CE.
- (²¹) Iniciado en marzo de 2000 en Lisboa, véase http://europa.eu.int/growthandjobs/index_en.htm.
- (²²) Véase también la propuesta de la Comisión Europea para el nuevo programa marco de investigación de la UE, 2007-2013 (FP7), http://europa.eu.int/comm/research/future/index_en.cfm.
- (²³) Decisión nº 2000/60/CE del Consejo y del Parlamento Europeo de 23 de octubre de 2000 que define un marco de trabajo para el ámbito de acción comunitaria sobre política de aguas: Directiva Marco del agua de la UE (publicada en el DO L327 de 22 de diciembre de 2000).
- (²⁴) Directiva 91/676/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura: Directiva sobre nitratos
- (²⁵) Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres: Directiva sobre hábitats y Directiva 79/409/CEE del Consejo de 2 de abril de 1979 sobre la conservación de aves silvestres: Directiva sobre aves.
- (²⁶) Directiva 91/271/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1991 relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas: Directiva sobre aguas residuales urbanas.

- (27) Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996 sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente: Directiva marco sobre la calidad del aire; Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2001 sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos: Directiva sobre techos nacionales de emisión.
- (28) Véase también COM (2002) 179, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en <http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>.
- (29) Véase también la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo COM (2002) 539.
- (30) Véase también COM (2002) 349, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en <http://ec.europa.eu/environment/ppps/home.htm>.
- (31) También conocido como programa «Aire Puro para Europa (CAFE)»; véase también COM (2001) 245, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en <http://ec.europa.eu/environment/air/cafe>.
- (32) Véase también COM (2004) 60, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en http://ec.europa.eu/environment/urban/thematic_strategy.htm.
- (33) Véase también COM (2003) 572, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en <http://ec.europa.eu/environment/natres/index.htm>.
- (34) Véase también COM (2003) 301, e información de la DG Medio Ambiente de la CE en <http://ec.europa.eu/environment/waste/strategy.htm>.
- (35) La estrategia de desarrollo sostenible de la UE propone el objetivo de reducir las emisiones en un 1% anual en comparación con los niveles de 1990 hasta el año 2020. La proyección de referencia presentada aquí indica que para el año 2020 se espera que las emisiones de la UE25 hayan aumentado un 4% con respecto a los niveles de 1990.
- (36) Véase también «Energía para el futuro: fuentes renovables de energía - Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios» (COM(97) 599 final).
- (37) Véanse también los objetivos indicativos del 2% para el año 2005 y del 5,75% para el año 2010 para los biocarburantes y otros combustibles renovables, calculados sobre la base del contenido energético, de toda la gasolina y el gasóleo utilizados para transporte (Directiva de la UE relativa a la promoción del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables para el transporte, Directiva 2003/30/CE).
- (38) La Estrategia de desarrollo sostenible propone «disociar de forma significativa el crecimiento del transporte con respecto al crecimiento del producto interior bruto» y «modificar las costumbres en el transporte para que la cuota de transporte por carretera en 2010 no sea superior a la que existía en 1998».
- (39) Véase también el objetivo de la Directiva Marco del agua que exige que «para el año 2015 todas las aguas de la UE deberán presentar «un buen estado» (ecológico, químico y cuantitativo) y un uso sostenible del agua».
- (40) Véase también la Directiva sobre techos nacionales de emisión de ciertos contaminantes atmosféricos (Directiva 2001/81/CE).
- (41) El objetivo de la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas es garantizar que «todas las aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes dispongan de sistemas de recogida y tratamiento» para el año 2005 (UE15) y 2015 (Nuevos-10).
- (42) Véase también el objetivo de la Directiva sobre nitratos de «reducir la contaminación de las aguas provocada o inducida por los nitratos derivados de fuentes agrarias y prevenir más contaminación».
- (43) Véase también la Directiva UE sobre la promoción de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior (Directiva 2001/77/CE).
- (44) La Estrategia de desarrollo sostenible de la UE define el objetivo de «disociar el uso de recursos y la generación de residuos de la tasa de crecimiento económico».
- (45) Los marcos teóricos de trabajo y las estructuras de los modelos, junto con sus opciones y parámetros internos, juegan también un papel clave en el desarrollo de previsiones, pero éstos no se abordarán en detalle en este informe (véase Anexo 2 para más información).
- (46) El proyecto LREM (modelo energético a largo plazo) ha sido emprendido por la Universidad Técnica Nacional de Atenas utilizando el modelo PRIMES. Para más información, véanse Comisión Europea (2003a) y Anexo 2.
- (47) La integración de las perspectivas se ha abordado en términos de fuerzas motrices e impactos ambientales. Cuando se sustituye una hipótesis de referencia por un análisis de sensibilidad o una variante, este cambio se utiliza en los sectores y temas en los que resulte apropiado. Por ejemplo, las hipótesis propuestas por la AEMA para un escenario de bajo crecimiento se utilizan en las perspectivas de energía, transporte, residuos y agua.
- (48) Puede obtenerse información detallada relacionada con el programa CAFE (Aire Puro para Europa, DG Medio Ambiente) y su estrategia temática asociada sobre contaminación atmosférica bajo el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente en <http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/>. El Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) y la Universidad Técnica Nacional de Atenas (NTUA) han abordado el proyecto usando los modelos RAINS y PRIMES.
- (49) Para obtener más detalles sobre previsiones para la energía, el transporte, el cambio climático y la contaminación atmosférica, véase el informe de la AEMA «Cambio climático y un sistema de energía europeo de baja emisión de carbono», AEMA (2005a). Respecto a las pautas de consumo, se proporciona más información detallada en el informe de la AEMA denominado «Consumo doméstico y medio ambiente», AEMA (2005b).
- (50) Incluye números y cifras extraídos de «Estadísticas demográficas - Datos 1960-2003», Eurostat (2004).
- (51) Véase Naciones Unidas (2003, 2004). La ONU enfatiza que el cumplimiento de este pronóstico está supeditado a garantizar el acceso a la planificación familiar y a que los esfuerzos realizados para detener la propagación actual de la epidemia (VIH/SIDA) tengan éxito.
- (52) Datos basados en Eurostat (2004). Cabe destacar que el coeficiente de dependencia de la tercera edad describe el número de personas de 60 años ó más años como porcentaje de la población comprendida entre los 20 y los 59 años de edad (es decir, la población activa).
- (53) Para comparación: el crecimiento económico de la UE25 fue del 1,8% en 2001, del 1,1% en 2002, del 1,0% en 2003 y del 2,4% en 2004.
- (54) En «Tendencias europeas de la energía y el transporte para 2030» (Comisión Europea, 2003a) se proporciona una descripción más detallada de las hipótesis sobre crecimiento económico. En los Apartados 3.4 a 3.9 de esta perspectiva se describen las hipótesis de desarrollo sectorial asociadas.
- (55) Determinar el potencial y la capacidad de difusión de las nuevas tecnologías es un desafío en cualquier pronóstico, ya que depende de numerosos factores. Las previsiones energéticas de los años setenta, por ejemplo, generalmente subestimaron la penetración de las tecnologías eólicas (aunque se reconoció su potencial) y no contemplaron la posibilidad de obtener elevadas subvenciones como las que se proporcionan en la actualidad. En esta perspectiva de la AEMA, el progreso tecnológico se ha conseguido mediante la sustitución técnica más que a través de grandes avances (tales como el hidrógeno, las células de combustible y las tecnologías de desalación o fijación del carbono). Véanse Comisión Europea (2003a) y AEMA (2004d) para obtener más detalles sobre subvenciones y energías renovables.
- (56) Como consecuencia, en este estudio no se han abordado específicamente las implicaciones relacionadas con el desarrollo de cultivos energéticos y biomasa.
- (57) Véase, por ejemplo, Organización de Turismo (2001).
- (58) En este estudio se asume que, durante el período 2000-2030, los precios del carbón, el petróleo y el gas aumentarán respectivamente de 8 a 10 dólares EE.UU. (1999)/barril, de 21 a 30 dólares EE.UU. (1999)/barril y de 15 a 22 dólares EE.UU. (1999)/ barril. Para el año 2050, se estima que los precios del carbón, el petróleo y el gas serán, respectivamente, 13, 40 y 25 (1999) dólares EE.UU./barril. En este contexto, el gas natural presenta ventajas significativas sobre los demás combustibles de origen fósil por su menor contenido en

carbono y porque las tecnologías de generación de energía son las más eficientes. Ciertamente, unos precios del petróleo más elevados conducirían a una mayor penetración de otras tecnologías rivales para la producción de electricidad, tanto en términos de contenido de carbono como de dependencia de los precios del petróleo (por ejemplo, gas). Se considera que las hipótesis realizadas sobre los precios del petróleo están en la parte baja.

(59) En la proyección de referencia, no se espera que las células de combustible tengan un papel importante en la generación de electricidad o en el sector del transporte.

(60) Véase el próximo análisis de incertidumbre de los escenarios de cambio climático y de energía de la AEMA (realizados con el modelo Prometheus, véase Anexo 2), que aborda las hipótesis sobre las fuerzas motrices clave, las principales presiones sobre el medio ambiente y compara los resultados obtenidos con los de otros estudios destacados (por ejemplo, «Perspectiva de la energía mundial» (OIE, 2004), previsiones de la OCDE relativas al petróleo).

(61) En este informe no se considera en detalle el transporte marítimo de cabotaje como una alternativa al transporte de carretera de mercancías.

(62) Definido como el consumo interior bruto de energía (CIBE) por unidad de PIB.

(63) Simultáneamente, se espera que las plantas CEC (cogeneración de electricidad y calor) aumenten su cuota de producción de vapor desde un 54% en el año 2000 hasta un 64,5% en el año 2030.

(64) Calculada como la relación de electricidad neta y de producción de vapor de las plantas térmicas con respecto a su consumo total de energía.

(65) Calculado como el consumo total de energía por unidad de PIB, valor añadido o consumo privado.

(66) Este apartado analiza los resultados de la perspectiva agrícola (véase Witzke *et al.* (2004) para más detalles) que actualiza estudios previos desde tres puntos de vista, en términos de: (1) calendario de aplicación, ya que esta perspectiva cubre los siguientes 20 años, mientras que las previsiones agrícolas suelen cubrir sólo el corto y el medio plazo; (2) cobertura espacial, ya que se trata de la primera vez que sepamos que se han analizado ocho de los nuevos Estados miembros de la UE en un estudio prospectivo de una forma sistemática y consistente, y (3) en el contexto político, ya que esta perspectiva tiene en cuenta el Compromiso de Luxemburgo (Consejo de la Unión Europea, 2003) sobre la revisión a medio plazo de la Política Agrícola Común (PAC), concretamente en términos de disociar pagos y apoyos. Las previsiones agrícolas están basadas en el modelo CAPSIM del que se proporcionan más detalles en el Anexo 2. El tipo de cambio usado en la proyección de referencia se ha fijado en 1,1 dólares EE.UU./euro desde 2001 en adelante, en línea con las últimas hipótesis de la Comisión Europea «Perspectivas de los mercados agrícolas 2004-2011 - Actualización para la UE25», Comisión Europea (2004a). Cabe destacar que las perspectivas agrícolas de la AEMA resultan útiles por derecho propio por las razones proporcionadas anteriormente, y no constituyen la base para las evaluaciones de la calidad atmosférica y del cambio climático que se analizan en el Capítulo 4.

(67) Las categorías de cultivos se han definido de la siguiente forma:

Cereales: trigo blando, trigo duro, centeno y morcajo, cebada, avena, maíz en grano, otros cereales

Plantas oleaginosas y leguminosas: colza, girasol, soja, otras oleaginosas, leguminosas

Otros cultivos: patatas, remolacha azucarera (A, B, C), cultivos textiles e industriales, vegetales

Cultivos permanentes y arrozales: frutas, aceitunas para aceite, vino, arroz, otros cultivos

Pasto: maíz para pasto, otros pastos de labranza, hierba y otros pastos

Tierras en barbecho y retiradas: retirada obligatoria, retirada voluntaria, tierras retiradas sin nutrientes, tierras en barbecho.

(68) Los desarrollos futuros de las tierras en barbecho y retiradas, en los Nuevos-8, se caracterizan por una incertidumbre significativa.

Además, el creciente interés por los biocarburantes puede cambiar hasta cierto punto la situación.

(69) Entre las plantas oleaginosas se incluyen las áreas dedicadas a la bioenergía, que no están cubiertas explícitamente en este Informe.

(70) Hay que tener en cuenta un hecho importante en el escenario de las mejores prácticas: se supone, simplemente, que las mejoras en las prácticas de gestión suceden sin más, sin tener en cuenta su coste, especialmente en lo que se refiere a los ingresos agrarios.

(71) Véase también el informe de la AEMA «Consumo doméstico y medio ambiente» (AEMA, 2005b) y Bruinsma (2003). Este hecho tendrá también consecuencias específicas sobre el desarrollo de la agricultura ecológica, organismos modificados genéticamente, ganado y pienso, temas que no se han abordado en este Informe.

(72) Véanse también las últimas previsiones de la Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes (EFMA, 2004).

(73) El rendimiento es un indicador directamente vinculado a los impactos y las presiones sobre el medio ambiente. Sin embargo, como unos rendimientos superiores también pueden ser una consecuencia de la disminución del área total cultivada, el efecto neto final de las variaciones del rendimiento sobre el medio ambiente debe calcularse teniendo en cuenta los cambios producidos en las superficies agrícolas.

(74) Existe una sobrefertilización cuando el suministro total de fertilizantes excede las exportaciones netas en material cosechado. Este hecho caracteriza el comportamiento de los agricultores en términos de buenas prácticas y es un componente del cálculo de los balances de nutrientes. En el caso de los nuevos Estados miembros, la tasa de fertilización ha caído drásticamente desde principios de la década de 1990 (subfertilización) y este hecho explica hasta cierto punto el rápido aumento que se espera en la próxima década.

(75) Los cálculos de los balances de nutrientes tienen en cuenta las diversas etapas del ciclo de los nutrientes: producción por animales, suministro orgánico a la producción de los cultivos, compras de abonos minerales, biofijación y deposición atmosférica (sólo para el N), pérdidas de amoníaco (sólo para N) y exportaciones netas en material cosechado.

(76) El Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente identifica cuatro áreas prioritarias, una de las cuales es «recursos naturales y residuos». Dentro de esta área prioritaria se indica que el desarrollo de una «Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales» debe aspirar a «...garantizar que el consumo de recursos y sus efectos asociados no rebasen la capacidad de carga del medio ambiente, y romper los vínculos existentes entre el crecimiento económico y el uso de recursos». La estrategia temática define el objetivo de «disociar el uso de recursos y la generación de residuos de la tasa de crecimiento económico» (Artículo 8.1).

(77) Véase Eurostat 2000.

(78) Tal y como se ha identificado en COM(96)0399, es decir, neumáticos usados, vehículos fuera de uso (VFU), residuos sanitarios, residuos de la construcción y de la demolición (C y D) y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Los flujos de residuos prioritarios son residuos de los que resulta importante alcanzar los objetivos asociados y que han sido identificados como prioridades teniendo en cuenta uno o más de los siguientes factores: volumen, naturaleza peligrosa, potencial para reciclado o para crear un beneficio económico.

(79) Las perspectivas para los flujos de residuos y materiales (véase Skovgaard *et al.* (2004) para más detalles) están basadas en un modelo macroeconómico desarrollado por el Centro Temático Europeo de Residuos y Flujos de Materiales (CTE/RFM) de la AEMA en colaboración con el Laboratorio Nacional Risø. La metodología utilizada implica que las previsiones son una función de la evolución de la economía, la población y los hogares. Las previsiones correspondientes a los impactos medioambientales de los vehículos fuera de uso (VFU) y gestión de los lodos de las depuradoras (no analizados en este informe) derivan de dos modelos técnicos específicos de cada flujo de residuos (también desarrollados por el CTE/RFM). La opinión generalizada es que ambos modelos se complementan entre sí, ya que reúnen estrategias macroeconómicas descendentes y técnicas ascendentes. Esta elección metodológica se considera como un elemento clave del análisis integrado de las perspectivas para los flujos de materiales y residuos de la AEMA. Véase el Anexo 2 para obtener más detalles acerca de los modelos de elaboración utilizados.

(80) Dada la naturaleza macroeconómica del modelo empleado, es decir, que los vínculos existentes entre el PIB o el número de hogares con la cantidad de residuos son coeficientes que proporcionan el nivel de «asociación», las previsiones reflejan en gran medida

tendencias pasadas (la cantidad de residuos también está enormemente influenciada por la eficiencia de los sistemas de recogida, que han mejorado sustancialmente en los últimos años). Asociar o disociar en exceso con respecto a lo que ha sucedido en el pasado podría ser una hipótesis incorporada al modelo, más que un resultado del mismo. Además, la legislación presente en la proyección de referencia (por ejemplo, la Directiva sobre vertederos) no se incluye de manera explícita en los modelos macroeconómicos. Esto mismo se aplica en las perspectivas de los flujos de materiales que se han analizado en este Informe.

- (⁸¹) Por ejemplo, en Dinamarca se ha estimado que la elasticidad por habitante en la generación de residuos domésticos (es decir, un subconjunto del flujo de residuos urbanos) para el consumo privado se sitúa alrededor del 0,4.
- (⁸²) Las cifras para la UE15 se han estimado como una suma de las previsiones para los países en los que estas previsiones estaban disponibles. Por ejemplo, para Luxemburgo no se disponía de previsiones para los residuos urbanos, papel y cartón, vidrio, embalajes y aceite usado.
- (⁸³) De manera similar, la comunidad de investigación económica ha analizado ampliamente la ausencia de evidencia empírica sobre los efectos de la introducción de equipos informáticos sobre los niveles productivos. Todavía se sigue debatiendo la cuestión de si este hecho se debe a que los indicadores no se han definido ni medido adecuadamente o si se debe a una auténtica carencia de mejora de la productividad.
- (⁸⁴) La Directiva sobre vertederos (Directiva del Consejo 1999/31/CE) define objetivos progresivos para el periodo 2006-2016 para el desvío de residuos urbanos biodegradables de los vertederos. El objetivo final es reducir el vertido de los residuos urbanos biodegradables un 65%.
- (⁸⁵) Este dato constituye sólo una primera estimación. Debido a que no se dispone de una gran cantidad de datos sobre cuotas de residuos biodegradables sobre el total de residuos urbanos o sobre cifras de emisión correspondientes a los gases generados en los vertederos, se han realizado hipótesis simplificadas. Además, algunas incertidumbres incumben a las futuras prácticas de gestión en la proyección de referencia, es decir, sin la aplicación de la Directiva.
- (⁸⁶) Algunos países y regiones de la UE (por ejemplo, Austria, Bélgica (Flandes), Dinamarca, Alemania (Baden-Württemberg) y los Países Bajos) cumplen ya los objetivos impuestos en la Directiva, ya que eliminan en vertederos menos del 35% de sus residuos urbanos biodegradables. Actualmente, otros países eliminan en vertederos más del 80% de sus residuos urbanos biodegradables (por ejemplo, Irlanda y Gran Bretaña).
- (⁸⁷) Separar la fracción biodegradable de los residuos sólidos urbanos puede implicar también que se dispondrá de más biomasa para producir más bioenergía.
- (⁸⁸) El indicador de consumo doméstico de materiales (*domestic material consumption, DMC*) se analiza para combustibles fósiles, es decir, extracción doméstica + comercio neto (importaciones – exportaciones), mientras que la extracción doméstica se estima únicamente para minerales y biomasa. Las previsiones de los combustibles fósiles se estiman directamente a partir del modelo PRIMES utilizando coeficientes específicos de cada país para transformar ktep en toneladas. Véase el Anexo 2.
- (⁸⁹) La sustitución de los productos o recursos domésticos por importaciones atañe a las propias mercancías y también a los insumos necesarios para su extracción o producción (por ejemplo, el contenido energético de los productos importados).
- (⁹⁰) Además de ser señal de una menor eficiencia de los recursos, este hecho también refleja diferencias en los perfiles económicos, ya que la cuota de las industrias pesadas en los Nuevos-10 es muy superior a la de la UE15. Un desarrollo posterior y una convergencia económica, acompañada por nuevas medidas políticas, pueden aumentar la productividad global de los recursos.
- (⁹¹) Véase AEMA (2001d) y AEMA (2005d, 2005e) para obtener un análisis de eficacia relacionado.
- (⁹²) Utilizando el modelo estocástico Prometheus. Véase el Anexo 2 para más detalles.
- (⁹³) Una vez que la Federación Rusa apoyara la ratificación del Protocolo de Kioto y depositara el instrumento formal de ratificación en la Secretaría General de las Naciones Unidas el 18 de noviembre de 2004, de tal forma que los signatarios del Protocolo que lo habían ratificado representaban no menos de 55 partes de la Convención (137 signatarios en total) y las partes del Anexo I que lo habían ratificado representarían en total no menos del 55% de las emisiones totales de dióxido de carbono del año 1990 de dicho grupo.
- (⁹⁴) La mayoría de los países de los Nuevos-10 tienen como objetivo una reducción del 8% en el periodo 2008-2012 en comparación con los niveles del año base de acuerdo con el Protocolo de Kioto (Hungria y Polonia tienen como objetivo reducir sus emisiones en un 6%; Chipre y Malta no tienen objetivos) y pertenecen dentro del CMNUCC al grupo de países que se encuentran en pleno proceso de transición hacia una economía de mercado. La mayor parte de los demás países miembros de la AEMA tienen también como objetivo una reducción del 8%.
- (⁹⁵) Véase, por ejemplo, DEFRA (2003) para Gran Bretaña, WBGU (2003a, b) para Alemania, y Criqui y Kitous (2004) para Francia.
- (⁹⁶) Véase AEMA (2004b, 2004e) basado en previsiones y regímenes de inventario de emisiones nacionales.
- (⁹⁷) En la actualidad, se está realizando un análisis de incertidumbre de las perspectivas para el cambio climático y energético con el modelo estocástico Prometheus para complementar los resultados analíticos recogidos en este Informe. Véase el Anexo 2.
- (⁹⁸) Para más detalles, véase el informe de la AEMA «Cambio climático y un sistema de energía europeo de baja dependencia del carbón», así como Isoard y Wiesenenthal (2005).
- (⁹⁹) La proyección de referencia se ha desarrollado utilizando diversos modelos: PRIMES (energía, europeo), POLES (energía, mundial), CAPSIM (agricultura, europeo), FAIR e IMAGE (cambio climático, mundial). Véase el Anexo 2 para obtener más detalles de estos modelos.
- (¹⁰⁰) No incluye el régimen de comercio de los derechos de emisión de la Unión Europea (puesto en marcha en enero de 2005) cuyos planes nacionales de asignación comenzaron a ser evaluados y adoptados por la Comisión Europea en la segunda mitad de 2004.
- (¹⁰¹) El proyecto LREM (modelo energético a largo plazo) ha sido emprendido por la Universidad Técnica Nacional de Atenas utilizando el modelo PRIMES. Para más información, véase Comisión Europea (2003).
- (¹⁰²) El escenario de referencia CAFE, que considera la plena implantación del Protocolo de Kioto, supone que se habrá alcanzado el objetivo de la UE, que está basado en un régimen de comercio de emisiones a nivel de la UE (que permite unas gamas de precios que van desde 12 euros (2000) por tonelada de CO₂ en 2010 hasta 16 euros en 2015 y 20 euros en 2020-2030) y el uso de mecanismos flexibles.
- (¹⁰³) En la proyección de referencia, las hipótesis realizadas en relación con la energía nuclear son las siguientes. Los países europeos que hayan anunciado y adoptado una política de desmantelamiento de las centrales nucleares (por ejemplo, Alemania, Bélgica y Suecia) la implantarán completamente de acuerdo con sus calendarios establecidos. Aquellos países que en la actualidad dispongan de centrales nucleares en funcionamiento, no se enfrentarán a ningún tipo de limitación sobre la extensión o reducción de sus centrales nucleares; en los terrenos económico, técnico y medioambiental, la tecnología nuclear se puede expandir o abandonar, al igual que sucede con cualquier otra tecnología. Finalmente, los países que en la actualidad no cuenten con ninguna central nuclear, se supone que no optarán por la energía nuclear en el futuro.
- (¹⁰⁴) Véase el Capítulo 3 para las emisiones de GEI relacionadas con la agricultura, tales como el óxido nitroso (fertilizantes) y el metano (animales).
- (¹⁰⁵) Entre 1990 y 2002, los países de la UE15 redujeron sus emisiones de GEI en un 2,9%.
- (¹⁰⁶) Para información más detallada sobre previsiones de emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de los mecanismos de Kioto basados en los inventarios y previsiones nacionales, consulte AEMA, 2004b; AEMA, 2004e.
- (¹⁰⁷) Para obtener más detalles, consulte el Informe de la AEMA «Efectos del cambio climático en Europa» (AEMA, 2004c). En este informe no se evalúan los probables beneficios del cambio climático (tales como el aumento de los terrenos cultivables o el acceso a enormes reservas de petróleo bajo el casquete polar ártico).
- (¹⁰⁸) Véase también AEMA (2004b, 2004e) para evaluaciones basadas en previsiones y regímenes de inventario de emisiones nacionales.

- (109) Para los cálculos se usó el modelo EuroMoye, que incluye unas 1.400 especies en total; cada país de la UE suele mostrar más de 250 especies (véase el Anexo 2 para más detalles).
- (110) Utilizando el modelo estocástico Prometheus. Véase el Anexo 2 para más detalles.
- (111) Para obtener más detalles sobre el escenario de bajas emisiones de GEI, consulte el recuadro 3.4 del capítulo 3. Véase también el capítulo 3 para conocer escenarios agrícolas alternativos a la proyección de referencia.
- (112) Una continuación del sistema actual de precios del petróleo elevados y volátiles, a medio y largo plazo, proporcionaría nuevos incentivos para una mayor penetración de las tecnologías sin carbono.
- (113) En este informe no se aborda la seguridad del suministro que, en esencia, difiere del problema de la dependencia.
- (114) Los costes de inversión son el resultado neto de dos efectos compensatorios: una menor inversión debida a un menor incremento global de la demanda eléctrica y mayores inversiones (sustitución) para cumplir con los objetivos de emisiones de GEI. El aumento considerable de los costes del combustible es un reflejo directo de la introducción de los precios de permisos del carbono (que suben a 65 euros/t de CO₂ en 2030 y a 115 euros/t CO₂ en 2050).
- (115) Cabe destacar que no se pueden sumar los costes energéticos del suministro con los de la demanda, ya que el primero se imputa parcialmente a los usuarios finales, y los correspondientes a los costes de inactividad (es decir, costes debido al impacto del cambio climático) no se tienen en cuenta en este informe.
- (116) También conocido como situaciones de «doble dividendo», es decir, cuando las medidas políticas encaminadas a proteger el medio ambiente también producen beneficios económicos, por ejemplo, en términos de empleo, comercio o innovaciones.
- (117) Puesto que el Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente no menciona fechas para el objetivo del cambio climático a largo plazo, en el escenario de bajas emisiones de GEI, se supone que el aumento de la temperatura global se estabilizará en 2°C entre 2100 y 2150.
- (118) Observe que este análisis representa un elemento de una cadena completa de análisis de la opción nuclear, que debería tener en cuenta los problemas relacionados con el desmantelamiento y la gestión de residuos (por ejemplo, costes, medio ambiente e impactos sobre la salud).
- (119) El escenario de referencia incluye las políticas de control de emisiones de acuerdo con la legislación actual en cada país; se incluyen todas las políticas conocidas que han sido puestas en marcha (o que están a la espera) hasta finales de 2003. La hipótesis sobre la penetración de las medidas de control de emisiones para cada país ha sido verificada por expertos nacionales durante las consultas bilaterales realizadas a las partes interesadas dentro del programa CAFE. En Eerens *et al.*, 2005 podrá encontrar más detalles sobre los escenarios de la calidad del aire.
- (120) MTFR indica el escenario combinado de «bajas emisiones» de cambio climático y contaminación atmosférica. En relación con el cambio climático, el escenario MTFR está basado en las hipótesis de bajas emisiones de GEI presentadas anteriormente (véase el recuadro 3.4 en el capítulo 3 y el capítulo 4.1). Respecto a la contaminación atmosférica, el escenario MTFR asume la implantación de las medidas de control de emisiones técnicamente más avanzadas en cada sector económico con el fin de proporcionar una indicación del potencial para cumplir los objetivos de salud y medio ambiente a largo plazo. En muchos casos, la tecnología disponible depende de la edad (cosecha) de la reserva de capital en un sector determinado. Sólo se incluyen aquellas medidas que no requieran una retirada prematura de los equipos existentes antes del final de su vida técnica útil.
- (121) Debido a que los escenarios de la AEMA manejan un marco temporal más amplio (2030 en lugar de 2020) se producen, en general, otros cambios estructurales en el consumo y suministro energético europeo y una mayor introducción de las medidas de control, en comparación con los escenarios manejados en el programa CAFE.
- (122) En este Informe no se abordan los temas de agotamiento del ozono estratosférico y la dispersión de productos químicos como los compuestos orgánicos o los metales pesados.
- (123) Véanse, por ejemplo, las Directivas sobre vehículos (Directiva 2000/53/CE del Consejo), grandes plantas de combustión (Directiva 2001/80/CE del Consejo) e industria (Directivas COV (Directivas 94/63/CE y 1999/13/CE del Consejo) y la Directiva de la prevención y el control integrados de la contaminación (Directiva 96/61/CE del Consejo)).
- (124) Las emisiones de PM₁₀ y PM_{2,5} en la UE han disminuido aproximadamente un 50% entre 1990 y 2000. Los factores motrices más importantes fueron (1) la reestructuración económica en Europa central y oriental (Nuevos-10) y en Alemania oriental, que ha provocado una disminución drástica de las emisiones provenientes de los sectores de centrales eléctricas, industriales y de proceso, (2) un salto del carbón a otros combustibles en el sector doméstico, (3) la implantación de tecnologías de control más eficaces, especialmente sobre grandes fuentes de combustión, y (4) la ejecución de normas más estrictas sobre emisiones de escape de los medios de transporte por carretera.
- (125) Tal y como sucede con las emisiones terrestres, se han desarrollado dos escenarios bajo el programa CAFE: un escenario de referencia y las máximas reducciones factibles técnicamente; el primero incluye medidas ya decididas, así como medidas que constituyen la tecnología puntera para los nuevos barcos construidos, mientras que las segundas asumen una implantación total de la mejor tecnología de control de emisiones disponible en todos los barcos nuevos y existentes.
- (126) Los cálculos han sido realizados con los modelos RAINS y EMEP. El análisis fue realizado para las condiciones meteorológicas de un único año (1997). Eerens *et al.* (2005) analiza en detalle el método y las dificultades intrínsecas de realizar estos tipos de evaluaciones y resultados adicionales en términos de análisis espacial.
- (127) Francia, Alemania, Italia, Países Bajos y Reino Unido.
- (128) Finlandia, Noruega, Suecia, Suiza y el Reino Unido.
- (129) Representa el comercio marítimo internacional para la región marítima europea, es decir, Océano Atlántico, mar Báltico, mar Negro, mar Mediterráneo y mar del Norte.
- (130) La fracción de agua consumida y no devuelta a los cuerpos de agua después de su captación está cerca del 80% para la agricultura, 20% para los hogares y la manufactura y un 5% para la generación de electricidad.
- (131) Las cifras de esta perspectiva no incluyen los posibles efectos de los regímenes de gestión mejorada del agua y de los sistemas de tarificación del agua.
- (132) Véase Flörke y Alcamo (2004) para más información.
- (133) La extensión de esta superficie puede ser considerablemente inferior a la del área equipada para regadío debido a razones climáticas y/o económicas. En Rumanía, por ejemplo, se riega menos del 10% de la superficie equipada con sistemas de regadío.
- (134) Estimaciones actuales muestran que, como media, se necesitan unos 4,5 m³ de agua por MWh producido en un sistema de torre de refrigeración y 180 m³ para un sistema de refrigeración sin recirculación (véase el capítulo 3).
- (135) Flörke y Alcamo (2004) suponen que, como media, se requieren 1,33 m³ de agua por MWh producido con una torre de refrigeración y 0,65 m³ con refrigeración sin recirculación.
- (136) Véase el informe AEMA «Consumo doméstico y medio ambiente» (AEMA, 2005b).
- (137) Las cifras sobre el consumo de agua en hogares están basadas en un modelo que relaciona las futuras captaciones de agua con los ingresos utilizando una curva sigmoidea y mejorando continuamente la eficiencia en el uso del agua de los electrodomésticos. Véase el Anexo 2 para más detalles.
- (138) El sector manufacturero incluye el consumo de agua en los sectores del hierro y del acero, metales no férricos, productos químicos, minerales no metálicos, papel y pulpa, alimentos y bebidas, ingeniería y textil. Las captaciones de agua de estos sectores constituyen más del 80% del total de captaciones de este sector.
- (139) Para una explicación sobre los grupos de países, consulte el Anexo 1.

- (¹⁴⁰) Para una explicación sobre los grupos de países, consulte el Anexo 1.
- (¹⁴¹) Para una explicación sobre los grupos de países, consulte el Anexo 1.
- (¹⁴²) Para una explicación sobre los grupos de países, consulte el Anexo 1.
- (¹⁴³) En la actualidad, sólo se riega de forma regular una parte de la superficie equipada para el riego en algunos países europeos (por ejemplo, 5% Rumanía, 6% Bulgaria y 60% Turquía). Por ello, las hipótesis de ampliación de la superficie de regadío no implican necesariamente la realización de nuevos proyectos de irrigación a gran escala, sino a una «explotación» mejorada del regadío actual, volviendo a utilizar los viejos sistemas o instalando otros nuevos.
- (¹⁴⁴) El estrés hídrico se calcula sobre la base de captaciones de agua. En particular, cuando se utiliza como vector de enfriamiento, la mayor parte del agua se devuelve directamente a la cuenca fluvial y no se consume en realidad.
- (¹⁴⁵) El flujo de retorno es la cantidad de agua utilizada en el riego menos la que ha sufrido evapotranspiración.
- (¹⁴⁶) Véase Lehner *et al.* (2000) y AEMA (2005c).
- (¹⁴⁷) Los detalles de este estudio, realizado por el Centro Temático Europeo para el Agua de la AEMA, se pueden localizar en Kristensen *et al.* (2004). El Anexo 2 proporciona una breve descripción del modelo socioeconómico desarrollado.
- (¹⁴⁸) Véase AEMA (2001d) y AEMA (2005d, 2005e) para obtener un análisis de eficacia relacionado.
- (¹⁴⁹) Se han utilizado cuatro grupos de países europeos para proporcionar los resultados de la perspectiva: países del Grupo 1 (UE15): países de la UE15 que ya tienen un elevado nivel de tratamiento terciario (Países Bajos, Alemania, Austria, Dinamarca, Suecia y Finlandia). Países del Grupo 2 (UE15): países de la UE15 que, en la actualidad, cuentan con tratamiento secundario o realizan vertidos sin tratamiento y que tendrán tratamiento terciario cuando se implante la Directiva 91/271/CEE (Bélgica y Luxemburgo). Países del Grupo 3 (UE15): países de la UE15 en los que la mayor parte de su población estará conectada a tratamiento secundario cuando se implante la Directiva 91/271/CEE (Francia, Irlanda, Italia, Grecia, Portugal y España). Países Nuevos-5: cinco nuevos Estados miembros de la UE (Estonia, República Checa, Polonia, Hungría y Eslovenia). Para los nuevos Estados miembros de la UE restantes no se dispone de la suficiente información sobre tratamiento de las aguas residuales.
- (¹⁵⁰) Por ejemplo, la Directiva sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas impone «al menos un tratamiento secundario» a las aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes-equivalentes, que no descarguen en áreas sensibles. Esta perspectiva, debido a la carencia de información, no ha tenido en cuenta que algunos países pueden decidir hacerlo mejor que los requisitos mínimos de la Directiva.
- (¹⁵¹) Parece conveniente realizar un análisis de los costes económicos del cumplimiento con la Directiva con el fin de complementar los resultados de este ejercicio de perspectiva.
- (¹⁵²) Por ejemplo, el régimen de comercio de los derechos de emisión (puesto en marcha en enero de 2005) cuyos planes nacionales de asignación comenzaron a ser evaluados y adoptados por la Comisión Europea en la segunda mitad de 2004.
- (¹⁵³) Véase AEMA (2004b, 2004e) basado en previsiones y regímenes de inventario de emisiones nacionales.
- (¹⁵⁴) La estrategia de desarrollo sostenible define un objetivo de reducir emisiones una media de un 1% por año hasta el año 2020. La proyección de referencia indica un aumento del 4% sobre los niveles de 1990 de las emisiones de la UE25 para el año 2020.
- (¹⁵⁵) Véase también «Energía para el futuro: fuentes de energía renovables— Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios» (COM(97) 599).
- (¹⁵⁶) Véanse también los objetivos indicativos del 2% para el año 2005 y del 5,75% para el año 2010 para biocombustibles y otros combustibles renovables, calculados sobre la base del contenido energético de toda la gasolina y el gasóleo utilizados en el transporte (Directiva 2003/30/CE del Consejo).
- (¹⁵⁷) Los objetivos de la Estrategia de desarrollo sostenible proponen «disociar de forma significativa el crecimiento del transporte del crecimiento del producto interior bruto» y «modificar las costumbres en el transporte para que la cuota de transporte por carretera en 2010 no sea superior a la de 1998».
- (¹⁵⁸) Véase también el objetivo de la Directiva Marco del agua que requiere que «para el año 2015 todas las aguas de la UE presenten un “buen estado” (ecológico, químico y cuantitativo) y un uso sostenible del agua».
- (¹⁵⁹) Véase también la Directiva sobre techos nacionales de emisión de ciertos contaminantes atmosféricos (Directiva 2001/81/CE).
- (¹⁶⁰) El objetivo de la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas es garantizar que «todas las aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes-equivalentes dispongan de sistemas de recogida y tratamiento» para el año 2005 (UE15) y 2015 (Nuevos-10).
- (¹⁶¹) Véase también el objetivo de la Directiva sobre nitratos «para reducir la contaminación del agua producida o inducida por los nitratos derivados de fuentes agrícolas y evitar una mayor contaminación».
- (¹⁶²) Véase también la Directiva UE sobre la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interno (2001/77/CE).
- (¹⁶³) La estrategia de desarrollo sostenible define el objetivo de «disociar el uso de recursos y la generación de residuos de la tasa de crecimiento económico».
- (¹⁶⁴) Las perspectivas de la AEMA se han sometido a procesos de consulta y confirmación de la calidad. Estos procesos incluyeron una serie de revisiones realizadas por los miembros del grupo de expertos, los colaboradores que han trabajado en la elaboración de la información de fondo de este informe y el personal de la AEMA. Además, se han llevado a cabo dos consultas oficiales con el Consejo de Administración de la AEMA, el Comité Científico y la red Eionet (puntos focales nacionales (PFN) y Centros Nacionales de Referencia (CNR)). Aquí se incluye la Comisión Europea y el Parlamento Europeo, que pertenecen al Consejo de Administración de la AEMA. Se ha elaborado un documento que enumera todos los comentarios recibidos durante el proceso de consultas desarrollado el año 2005 y que indica, para cada uno de ellos, la forma en que se han tenido en cuenta y cómo se han abordado en la versión final del informe. Este documento se encuentra disponible en el portal web de Información de escenarios medioambientales de la AEMA (<http://scenarios.ewindows.eu.org>).
- (¹⁶⁵) En este contexto, el proyecto Prelude de la AEMA (*Prospective environmental analysis of land use development in Europe* Análisis prospectivo medioambiental del desarrollo del uso del suelo en Europa) desarrolló y analizó cinco escenarios de cambios en el uso del suelo en Europa.

Anexo 1 Grupos de países/acrónimos y abreviaturas

Grupos de países que aparecen en este informe:

AEMA31 (también: países miembros de la AEMA): Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Liechtenstein, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Turquía

UE25: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, , Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, República Checa, Reino Unido y Suecia,. (Nota: la UE25 está formada por los países de los grupos UE15 y Nuevos-10, que se enumeran a continuación).

UE15: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Suecia.

Nuevos-10 (también: 10 nuevos Estados miembros de la UE): Chipre, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia y República Checa.

UEPC (también: países candidatos de la UE): Bulgaria, Rumanía, Turquía.

Agrupaciones específicas de países a los que se ha hecho referencia sólo en el capítulo 3.

Nuevos-8: Los nuevos Estados miembros de la UE salvo Chipre y Malta: Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Polonia y República Checa.

UEPC2: Bulgaria y Rumanía.

Agrupaciones específicas de países a los que se ha hecho referencia sólo en el apartado 4.3.

Europa septentrional: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Irlanda, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Reino Unido y Suiza.

Europa meridional: España, Francia, Grecia, Italia y Portugal.

Agrupaciones específicas de países a los que se ha hecho referencia sólo en el apartado 4.4

Países del Grupo 1 (UE15): Alemania, Austria, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos y Suecia

Países del Grupo 2 (UE15): Bélgica y Luxemburgo.

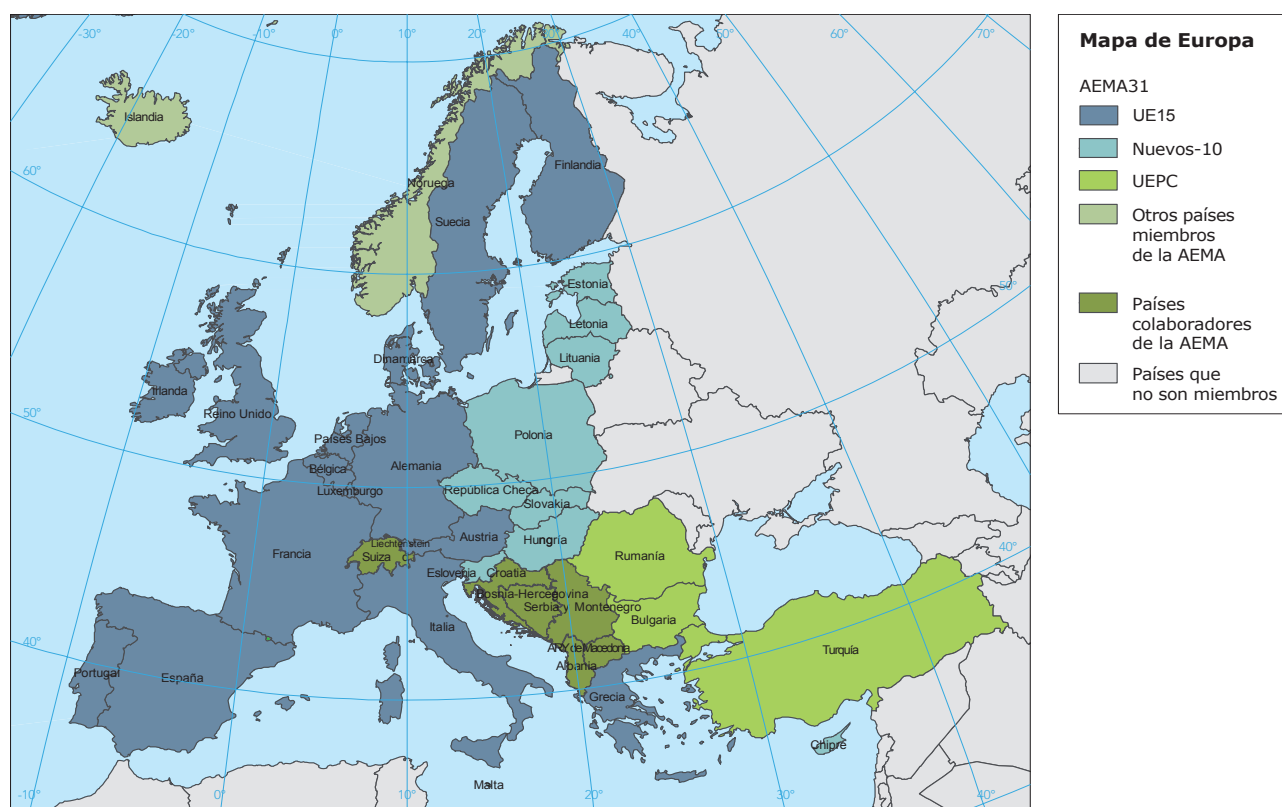
Países del Grupo 3 (UE15): España, Francia, Irlanda, Italia, Grecia y Portugal.

Países Nuevos-5: Eslovenia, Estonia, Hungría, Polonia y República Checa.

Acrónimos y abreviaturas

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente	IPCC	Grupo intergubernamental sobre el cambio climático
CAFE	Programa «Aire Puro para Europa (Clean Air for Europe Programme)»	K	Potasio
CH ₄	Metano	MEA	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
CMCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático	N	Nitrógeno
CO ₂	Dióxido de carbono	N ₂ O	Óxido nitroso
DG AGRI	Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural.	P	Fosfatos
DG ENV	Dirección General de Medio Ambiente	PFC	Hidrocarburos perfluorados
DG TREN	Dirección General de Energía y Transportes	PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
GEI	Gases de efecto invernadero (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC, SF ₆)	SF ₆	Hexafluoruro de azufre
GEO	Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (PNUMA)	SoEOR	Informe del Estado del medio ambiente y sus perspectivas, 2005
HFC	Hidrocarburos fluorados	UE	Unión Europea

Grupo de países



Anexo 2 Descripción concisa de los modelos de elaboración utilizados

Energía

Modelo PRIMES

PRIMES es un modelo de equilibrio parcial para el sistema energético de la Unión Europea, desarrollado y mantenido actualmente por el Laboratorio E3M de la Universidad Técnica Nacional de Atenas. La versión más reciente del modelo usado en este estudio incluye todos los Estados miembros de la UE, los países candidatos de la UE y países vecinos. Eurostat es su principal fuente de datos y se actualiza tomando el año 2000 como base. El modelo PRIMES es el resultado de una investigación conjunta, que integra una serie de proyectos financiados por el programa Joule de la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

El modelo determina el equilibrio buscando los precios de cada una de las formas de energía, de tal forma que la cantidad que los productores deseen suministrar coincida con la cantidad que los consumidores deseen consumir. El equilibrio es estático (dentro de cada periodo de tiempo) pero se repite en un recorrido temporal hacia adelante, con relaciones dinámicas. El modelo está basado en el comportamiento, pero también representa, de una forma explícita y detallada, las tecnologías disponibles de demanda y suministro energético y las tecnologías de disminución de la contaminación. Tiene en cuenta aspectos relacionados con las economías de mercado, estructura industrial y políticas y normativa energéticas y medioambientales. Éstas se han concebido para que influyan en el comportamiento del mercado de los agentes del sistema energético. La estructura modular de PRIMES refleja una distribución de la toma de decisiones entre agentes que deciden de forma individual sobre los precios, el suministro, la demanda y la combinación de ambos. Posteriormente, la parte de integración del mercado de PRIMES simula el equilibrio del mercado. PRIMES es un modelo de propósito general. Ha sido concebido para la realización de previsiones, construcción de escenarios y análisis de impactos políticos. Abarca un horizonte a medio y largo plazo. Es modular y permite el uso de un modelo unificado o el uso parcial de módulos que den soporte a estudios energéticos específicos.

Para más información véase:
<http://www.e3mlab.ntua.gr/manuals/PRIMESld.pdf> y
<http://www.e3mlab.ntua.gr/>.

Modelo POLES

El modelo POLES, desarrollado y usado en diferentes programas de la CE desde 1994, permite la elaboración de proyecciones sobre suministro y demanda de energía a largo plazo para las distintas regiones del mundo bajo una serie de hipótesis coherentes relacionadas, en particular, con el crecimiento económico, la población y los recursos de hidrocarburos.

La estructura del modelo se corresponde con un sistema jerárquico de módulos interconectados e implica tres niveles de análisis:

- mercados energéticos internacionales;
- balances energéticos regionales;
- modelos nacionales de demanda energética, nuevas tecnologías y energías renovables, generación de electricidad, suministro de energía primaria y emisiones de CO₂. El modelo POLES distingue treinta y ocho regiones o países del mundo.

La dinámica del modelo está basada en un proceso de simulación recursivo, en el que la demanda y el suministro de energía en cada módulo regional o nacional responde con diferentes estructuras de retardo a las variaciones sufridas por el precio internacional en los periodos anteriores. En cada módulo, las ecuaciones que modelan el comportamiento tienen en cuenta la combinación del efecto del precio, las restricciones techno-económicas y las pautas. Existen quince sectores finales de demanda energética (que cubren las principales ramas industriales, modos de transporte, los sectores residencial y de servicios), doce tecnologías de generación eléctrica a gran escala y doce tecnologías para energías nuevas y renovables.

Los perfiles de suministro de petróleo y gas de los mayores productores del mundo están relacionados con un modelo de proceso de descubrimiento, en el que la producción de gas y petróleo depende de las dinámicas de la actividad de perforación y del descubrimiento de nuevas reservas, proporcionando los recursos existentes y la producción acumulada. El suministro de carbón está orientado esencialmente hacia la demanda.

Para más información véase: www.upmf-grenoble.fr/iepe/textes/POLES8p_01.pdf y <http://web.upmf-grenoble.fr/iepe/Recherche/Recha5.html>.

Modelo Prometheus

Prometheus es una herramienta que permite la generación de información estocástica para variables claves energéticas, medioambientales y tecnológicas. Su desarrollo y mantenimiento se realiza en el Laboratorio E3M de la Universidad Técnica Nacional de Atenas. Prometheus es un modelo energético autocontenido que consta de un grupo de ecuaciones estocásticas. Contiene relaciones y/o variables exógenas para todas las cantidades principales. Entre ellas se incluyen indicadores de la actividad económica y demográfica, consumo energético por combustible principal, precios y recursos de combustible, emisiones de CO₂, respuesta tecnológica y curvas de aprendizaje bifactoriales. Todas las variables exógenas, parámetros y términos de error existentes en el modelo son estocásticos, y cuentan con una representación explícita de su distribución, incluyendo, en muchos casos, términos de covarianza. Además, todas las variables endógenas son también estocásticas.

El resultado básico de Prometheus es un conjunto de datos de simulaciones de Monte Carlo que contienen valores para todas las variables del modelo. Posteriormente, se puede usar este conjunto de datos por derecho propio, como información importante estratégica o analítica, para analizar riesgos y probabilidades en relación con las variables que se hayan incorporado en el modelo, o con cualquier función predeterminada que tenga relación con las mismas. Entre las aplicaciones más importantes se incluyen la evaluación de la seguridad de los suministros, el análisis de los riesgos medioambientales y el análisis de los riesgos de inversión.

Para más información véase:
<http://www.e3mlab.ntua.gr/>.

Modelo TIMER

El modelo del sistema energético TIMER (*Targets Image Energy Regional Model*), simula los escenarios de atenuación y de referencia energéticos a largo plazo y permite la exploración de las dinámicas a largo plazo del sistema energético. El modelo describe las inversiones realizadas en los diferentes tipos de opciones energéticas influidas por el desarrollo tecnológico (aprendizaje práctico) y el agotamiento de las fuentes de energía, así como el uso de dichos tipos de opciones energéticas. La información introducida en el modelo es un conjunto de escenarios macroeconómicos e hipótesis sobre el desarrollo tecnológico, niveles de preferencia y comercio de combustible. Los resultados del modelo muestran la evolución temporal de la intensidad energética, de los costes del combustible y de las tecnologías de suministros de combustibles no fósiles. El modelo reconoce 17 regiones en el mundo, 5 sectores distintos

de usuarios finales, varios sectores de producción energética y unas 10 fuentes energéticas. El submodelo de generación eléctrica incluye las opciones de producción basadas en las energías hidroeléctrica, nuclear, renovables y en la energía generada a partir de los distintos combustibles fósiles. El modelo está vinculado a un módulo de emisión que relaciona el uso de la energía con las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero. TIMER se ha incorporado en el marco de trabajo de evaluación integrada denominado IMAGE para estudiar el cambio global. La disminución del CO₂ se suele modelar utilizando señales de los precios. Se aplica una tasa sobre el dióxido de carbono (tasa del carbono) para reducir el carbono emitido por el sistema energético. Hay que destacar que TIMER no dispone de ninguna retroalimentación desde el sistema energético hasta los factores económicos clave.

Para más información véase: <http://arch.rivm.nl/ieweb/ieweb/index.html?tools/timer.html>.

Agricultura

Modelo CAPSIM

Las perspectivas agrícolas de la AEMA se basan en el modelo CAPSIM, desarrollado por EuroCARE GBmv (Bonn, Alemania; véase Witzke *et al.* (2004) para más detalles). CAPSIM es un modelo europeo de equilibrio parcial que dispone de funciones de comportamiento por niveles de actividad, demanda de insumos, demandas de los consumidores y procesamiento. Ha sido diseñada para realizar un análisis político de la PAC y, en consecuencia, cubre la agricultura de los Estados miembros de la UE en las cuentas económicas de la agricultura (CEA) a un elevado nivel de desagregación, tanto en la lista de elementos incluidos (pautas de cultivo y ganado y productos animales por país) como en la cobertura de políticas. Los cambios tecnológicos, estructurales y de preferencias se combinan con las variaciones en las aportaciones exógenas (por ejemplo, población, precios o gastos domésticos) para determinar el futuro desarrollo de la agricultura.

El modelo permite combinar diferentes proyecciones, por ejemplo de modelos, paneles de expertos o previsiones de tendencias, y encontrar compromisos entre ellas de acuerdo con un conjunto de restricciones económicas (por ejemplo, balances de mercado), espaciales (áreas usadas frente a disponibles) y técnicas (equilibrio de los contenidos del pienso y de los requisitos animales). En las perspectivas agrícolas de la AEMA se han tenido en cuenta las proyecciones elaboradas por las siguientes organizaciones: Comisión Europea (2004a); FAPRI, (2004); FAO (Bruinsma, 2003); e IFPRI (Rosegrant *et al.*, 2001a y 2001b).

CAPSIM permite también el cálculo de determinados indicadores medioambientales, en concreto el balance de nutrientes (N, P, K) y las emisiones gaseosas (NH₃, N₂O, CH₄). Sin hipótesis adicionales y explicaciones bien documentadas, resulta imposible extraer conclusiones relacionadas con la biodiversidad, la erosión y las características del terreno, por mencionar sólo las omisiones más importantes. Además, la base de datos no permite la identificación de las áreas irrigadas, la agricultura biológica, los biocombustibles o cultivos energéticos y los programas medioambientales. Finalmente, hay que mencionar que todos los indicadores se calculan por ha de superficie agraria utilizada, es decir, descontando las tierras en descanso rotacional o en barbecho.

Para más información véase: http://www.eurocare-bonn.de/profrec/capsim/capsim_e.htm.

Flujos de materiales y residuos

Modelo de flujos de materiales y residuos

El Centro Temático Europeo de Residuos y Flujos de Materiales (CTE/RFM) de la AEMA, en colaboración con el Laboratorio Nacional Risø, ha desarrollado un modelo macroeconómico que pronostica la generación de flujos de materiales y residuos a nivel nacional (véase Skovgaard *et al.* (2004) para más detalles). La aproximación teórica está basada en modelos macroeconómicos, ya que las cantidades de flujos de residuos y materiales se pronostican como una función de la evolución futura en el número de domicilios, el tamaño de la población o la actividad económica en sectores importantes (por ejemplo, producción, valor añadido bruto o consumo privado final). Las proyecciones para el aceite y los neumáticos usados se basan en el modelo clásico de «stock de coches y vehículos fuera de uso» desarrollado por el laboratorio nacional Risø. Las proyecciones relativas al combustible fósil se basan en los resultados del modelo PRIMES, utilizando coeficientes específicos de cada país para transformar ktep en toneladas. El indicador de consumo doméstico de materiales (*domestic material consumption*, DMC) se analiza para combustibles fósiles (es decir, extracción doméstica + comercio neto (importaciones – exportaciones)), mientras que la extracción doméstica se estima únicamente para minerales y biomasa.

La calibración del modelo con datos previos existentes refleja el nivel de «asociación» entre las variables explicativas y los flujos de materiales y residuos. La excesiva asociación o disociación con respecto a lo que ha sucedido en el pasado es una hipótesis que se introduce en el modelo, más que un resultado del mismo. Además, durante el periodo al que se refieren las proyecciones, se desfasan de manera progresiva (a

diferentes velocidades en función del flujo de residuos y del país) las tendencias temporales que representan (de manera autónoma) cambios tecnológicos, dejando que la dinámica del modelo la gobiernen las variables socioeconómicas explicativas. Finalmente, cabe destacar que los aspectos normativos están incluidos sólo de forma implícita en los modelos macroeconómicos.

Para más información véase: http://waste.eionet.eu.int/publications/wpl_2005.

Emisiones de GEI y cambio climático

Modelo IMAGE

IMAGE 2 (*Integrated Model to Assess the Global Environment*, Modelo integrado para evaluar el medio ambiente mundial) es un modelo «de evaluación integrado (*Integrated Assessment Model*, IAM)». En general, los IAM sirven para evaluar los impactos humanos sobre el medio ambiente y el sistema terrestre. IMAGE 2 es un IAM multidisciplinar, diseñado para simular la dinámica del sistema sociedad-biosfera-clima a escala global. Los objetivos del modelo son tanto científicos como políticos.

Los objetivos científicos del modelo son:

- simular tendencias futuras de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- investigar vínculos y retroalimentaciones en el sistema sociedad-biosfera-clima.
- evaluar las fuentes de incertidumbre más importantes en dicho sistema sociedad-biosfera-clima.
- ayudar a identificar las lagunas en el conocimiento del sistema, con el fin de ayudar a definir la agenda para la investigación del cambio global.

Los objetivos políticos de IMAGE 2 son:

- facilitar apoyo a la toma de decisiones vinculando aspectos científicos y políticos importantes del cambio global.
- proporcionar una perspectiva dinámica y a largo plazo (de 30 a 100 años) de las consecuencias del cambio global.
- evaluar las consecuencias de las diferentes opciones políticas y escenarios económicos y tecnológicos, incluyendo costes y beneficios.
- proporcionar ideas sobre vínculos cruzados de las diversas medidas políticas.

IMAGE 2 dispone de tres sistemas de modelos (II-3): el modelo energético TIMER, el sistema medioambiental terrestre (*terrestrial environment system*, TES) y el sistema oceánico atmosférico (*atmosphere ocean system*, AOS). Las interacciones y las diversas retroalimentaciones existentes entre estos sistemas y el modelo subyacente se modelan de manera explícita.

TIMER utiliza información sobre tendencias económicas y demográficas de las 18 regiones existentes para calcular las actividades humanas, las variables relacionadas con la energía (por ejemplo, consumo, mejora de la eficiencia, suministro y comercio de combustible fósil y renovables), producción industrial y emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de ozono y azufre. Además, aunque IMAGE 2 es una aplicación global, la gama de cálculos varía desde una cuadrícula de 0,5° de longitud y 0,5° de latitud (para temas terrestres) hasta el nivel de regiones globales, en función del tipo de cálculo.

TES consta de varios modelos que calculan la demanda de alimentos, pastos y madera, la producción vegetal y animal, el comercio de alimentos y madera para construcción, la distribución de los ecosistemas naturales, la emisión de los gases de efecto invernadero correspondientes al cambio de uso del suelo, los ecosistemas naturales y sistemas de producción agraria y los sistemas de almacenamiento de carbono dentro de la biosfera terrestre e intercambio entre biosfera y atmósfera.

Los modelos contenidos en AOS calculan los cambios que se producen en la composición de la atmósfera empleando las emisiones calculadas por TIMER y TES y teniendo en cuenta la absorción de CO₂ terrestre y oceánico y las reacciones químicas que se producen en la atmósfera. Posteriormente, las variaciones que se producen en las propiedades climáticas se calculan resolviendo las ecuaciones de transporte del calor oceánico y los cambios en el forzamiento radiativo producidos por los GEI y los aerosoles. Finalmente, IMAGE 2 contiene modelos específicos de impacto para la subida del nivel del mar y los riesgos de degradación del suelo.

Para más información véase: <http://arch.rivm.nl/ieweb/Image/index.html?home.html>

Modelo Euromove

Euromove es un modelo basado en especies que utiliza ecuaciones de regresiones logísticas para calcular las probabilidades de presencia de casi 1.400 especies de plantas vasculares europeas. Las ecuaciones están basadas en seis variables climáticas derivadas de IMAGE (incluyendo datos de temperaturas) y datos sobre especies obtenidas del Atlas Flora Europaeae (AFE) (Jalas y Suominen 1989; Ascroft 1994). En

el modelo Euromove (Bakkenes *et al.*, 2002) se ha determinado un valor umbral de probabilidad para cada especie para transformar las probabilidades calculadas en estados ausente-presente.

Para más información véase: <http://arch.rivm.nl/ieweb/ieweb/index.html?tools/euromove.html>.

Modelo FAIR

La herramienta de apoyo de toma de decisiones políticas FAIR (*Framework to Assess International Regimes for the differentiation of commitment*, Marco de trabajo para evaluar regímenes internacionales para la diferenciación de compromisos) tiene como objetivo dar soporte a los responsables políticos en el proceso de evaluación de las implicaciones medioambientales y económicas de los regímenes climáticos internacionales para la adopción de futuros compromisos posteriores al año 2012, compatibles con el objetivo del convenio sobre el cambio climático de estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (Artículo 2) (den Elzen y Lucas, 2003). Otros objetivos son evaluar el Protocolo de Kioto después de los acuerdos de Bonn y Marraquech en términos de efectividad medioambiental y costes económicos y apoyar el diálogo entre científicos y responsables políticos. El modelo FAIR 2.0 es una integración de tres submodelos: 1. Un modelo climático para evaluar los impactos climáticos de los perfiles de emisiones mundiales y calcular las contribuciones regionales al cambio climático. 2. Un modelo de asignación de emisiones para explorar y evaluar los derechos de emisión, para poder distinguir los futuros compromisos para diez regímenes climáticos de las regiones del mundo (por ejemplo, propuesta de Brasil, y multietapa, contracción y convergencia, objetivo de la intensidad de las emisiones, tríplico). 3. Un modelo de reducción de costes y de comercio de los derechos de emisión para distribuir el objetivo de la disminución de las emisiones entre las diferentes regiones, gases y sectores siguiendo la aproximación del menor coste, con el fin de calcular el precio de autorización internacional y determinar los compradores y vendedores en el mercado del comercio internacional y obtener los costes de reducción regionales y las reducciones de emisiones.

Para más información véase: <http://www.rivm.nl/fair/>.

Calidad del aire

Modelo RAINS

El modelo RAINS (Regional Air Pollution Information and Simulation, Simulación e información regional sobre contaminación atmosférica) es un modelo para analizar las estrategias de reducción de los contaminantes atmosféricos (Amann *et al.*, 1999). El

modelo considera las emisiones de dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) y partículas en suspensión (PM). RAINS está formado por varios módulos que contienen información sobre:

- actividades económicas que provocan emisiones (consumo y producción de energía, transporte de pasajeros y de mercancías, producción industrial y agrícola, uso de disolventes, etc.).
- costes y opciones de control de emisiones;
- dispersión atmosférica de contaminantes;
- sensibilidad de los ecosistemas y de los seres humanos a la contaminación atmosférica.

Simultáneamente aborda los impactos de la contaminación de partículas, acidificación, eutrofización y ozono troposférico, sobre la salud y los ecosistemas. De esta forma, crea un marco de trabajo coherente para la gestión de la contaminación atmosférica multiefecto y multicontaminante. Se calculan las emisiones históricas de los contaminantes atmosféricos para cada país europeo en función de la información recogida por los inventarios de emisiones internacionales (AEMA, 2005c) y de la información nacional (Tarrasón *et al.*, 2004). Las opciones y los costes para controlar las emisiones están representadas por varias tecnologías de emisión-reducción. Se modelizan los procesos de dispersión atmosférica sobre Europa para todos los contaminantes teniendo en cuenta los resultados del modelo EMEP europeo desarrollado en el Instituto Meteorológico Noruego (Simpson *et al.*, 2003).

El modelo abarca casi todos los países europeos, incluyendo la parte europea de Rusia. RAINS incorpora datos sobre el consumo energético de 42 regiones europeas, distinguiendo entre 24 categorías de uso de combustible en 6 sectores económicos importantes. La base de datos de RAINS también cubre los escenarios de las actividades económicas no energéticas responsables de la contaminación atmosférica (producción agrícola, procesos industriales, uso de disolventes, etc.). Los escenarios de actividad son una aportación exógena al modelo.

RAINS calcula las reducciones de emisiones para las estrategias de control que reflejan la normativa actual sobre control de contaminación en Europa. Se asume que las reducciones de emisiones se alcanzan exclusivamente mediante medidas técnicas; no se incluye ninguna retroalimentación de los controles de emisión sobre sistemas económicos y energéticos. En el modelo se representan las opciones y costes para controlar las emisiones de las diferentes sustancias, reflejando las características técnicas y económicas

de las más importantes tecnologías de control de emisiones. El modelo incorpora varios cientos de las tecnologías de control de emisiones más importantes.

Para más información véase: <http://www.iiasa.ac.at/rains/Rains-online.html?sb=8>.

Modelo EMEP

El modelo EMEP unificado es un modelo euleriano desarrollado en el EMEP/MS-CW (*Meteorological Synthesizing Centre — West*), cuyo fin es simular el transporte atmosférico y la deposición de los compuestos acidificantes y eutrofizantes, así como de fotooxidantes y partículas $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} en Europa. La última versión del modelo se ha documentado en el informe I de estado EMEP, Parte I (Simpson *et al.*, 2003) y en el informe de estado EMEP 2004 (Tarrasón *et al.*, 2004) donde se describen algunas actualizaciones.

El dominio del modelo abarca Europa y el océano Atlántico. La cuadrícula del modelo tiene una resolución horizontal de 50 km a 60° N, lo que resulta coherente con la resolución de los datos de emisión comunicados al CLRTAP. En la vertical, el modelo tiene 20 capas sigma que alcanzan hasta 100 hPa. El modelo unificado aplica una resolución de 3 datos meteorológicos por hora del modelo PARLAM-PS, una versión especializada del modelo de predicción meteorológica numérica denominado HIRLAM (modelo de área limitada de alta resolución).

Los datos son valores nacionales anuales de las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco, compuestos orgánicos volátiles no metánicos y monóxido de carbono. Están disponibles en cada una de las celdas de la cuadrícula del modelo de $50 \times 50 \text{ km}^2$ y se distribuyen temporalmente de acuerdo con factores mensuales y diarios derivados de los datos proporcionados por la Universidad de Stuttgart (IER). En la última versión del modelo unificado EMEP, se calcularon las concentraciones de 71 especies (56 son advectadas y 15 son de vida corta y no advectadas). El modelo incluye cuatro compuestos PM secundarios y dos primarios. La química del azufre y del nitrógeno se encuentra acoplada a la fotoquímica, que permite una descripción más sofisticada de, por ejemplo, la oxidación del dióxido de azufre para formar sulfatos, incluyendo también limitaciones de oxidantes.

La deposición seca se calcula utilizando la analogía de la resistencia y depende del tipo de contaminante, de las condiciones meteorológicas y de las propiedades de la superficie. La parametrización de los procesos de deposición húmeda incluye la eliminación de gases y partículas en nubes y subnubes, utilizando coeficientes de eliminación.

Para más información véase: <http://www.emep.int>

Estrés hídrico

Modelo WaterGAP

WaterGAP (Agua: prognosis y evaluación global; versión 2.1) es el primer modelo global que calcula la disponibilidad y el consumo del agua sobre la escala de cuenca fluvial (Alcamo *et al.*, 2003a; 2003b). El modelo, desarrollado en la Universidad de Kassel (Alemania), tiene dos componentes principales: un modelo hidrológico global y un modelo de uso global de agua.

El modelo hidrológico global de WaterGAP simula el comportamiento característico a gran escala del ciclo del agua terrestre para estimar la disponibilidad de agua. El modelo de uso global del agua está formado por cuatro submodelos principales que calculan el consumo de agua para los sectores domésticos, de fabricación, energético y agrícola. Todos los cálculos cubren la superficie total de la tierra con una cuadrícula de 0,5 x 0,5° de latitud-longitud.

Existe un mapa de dirección de drenaje que permite el análisis de la situación de los recursos hídricos en todas las grandes cuencas de drenaje.

Para más información véase: <http://www.usf.uni-kassel.de/usf/forschung/projekte/watergap.en.htm>

Calidad del agua

Modelo de vertidos de nutrientes desde plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas

El Centro Temático Europeo para el Agua de la AEMA desarrolló un sencillo modelo técnico-económico que

proyecta a nivel nacional los vertidos de nutrientes desde las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. Los vertidos de nutrientes se proyectan como una función de las futuras evoluciones de la población conectada a sistemas de depuración y del nivel y de las características de retención de los tratamientos de las aguas residuales. Para propósitos de calibración, el modelo se ha construido en función de la información siguiente:

- datos presentes y pasados sobre el nivel de nutrientes producidos *per cápita*.
- datos presentes y pasados sobre las tasas de conexión al sistema de depuración, el nivel de tratamiento de las aguas residuales y las distintas tecnologías usadas en los países de la UE, basados en la información recogida por el cuestionario conjunto Eurostat/OCDE de 2002 (véase también Eurostat 2003; y OCDE, 2003);
- información nacional sobre la retención de nutrientes y materias orgánicas en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para más información véase Kristensen *et al.*, (2004).

Anexo 3 Referencias

Informes y documentación de apoyo de la AEMA

(Disponible en el portal web de Información de escenarios medioambientales de la AEMA: <http://scenarios.ewindows.eu.org>)

AEMA (1999), El medio ambiente en la Unión Europea en el umbral del siglo XXI, Informe de evaluación ambiental N° 2, Copenhague. Versión española 2001, Ministerio de Medio Ambiente.

AEMA (2000), *Cloudy Crystal Balls — An assessment of recent European and global scenario studies and models*, Informe de temas ambientales N° 17, Copenhague.

AEMA (2001a), *Scenarios as tools for international environmental assessment*, Informe de temas ambientales N° 24, Copenhague.

AEMA (2001b), *Participatory integrated assessment methods — An assessment of their usefulness to the European Environment Agency*. Informe técnico N° 64, Copenhague.

AEMA (2001c), *The ShAIR scenario — Towards air and climate change outlooks, integrated assessment methodologies and tools applied to air pollution and greenhouse gases*, Informe temático N° 12/2001, Copenhague.

AEMA (2001d), *Reporting on environmental measures: Are we being effective?*, Informe de temas ambientales N° 25, Copenhague.

AEMA (2003), El medio ambiente en Europa: tercera evaluación, Informe de evaluación ambiental N° 10, Copenhague. Versión española 2004, Ministerio de Medio Ambiente.

AEMA (2004a), Señales ambientales 2004, Copenhague.

AEMA (2004b), Tendencias y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa, 2004, Informe de la AEMA N° 5/2004, Copenhague.

AEMA (2004c), Impactos del cambio climático en Europa. Una evaluación basada en indicadores, Informe de la AEMA N° 2/2004, Copenhague. Versión española 2006, Ministerio de Medio Ambiente.

AEMA (2004d), Las subvenciones a la energía en la Unión Europea: una visión general, Informe técnico N° 1/2004, Copenhague. Versión española 2006, Ministerio de Medio Ambiente.

AEMA (2004e), *Analysis of greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2004*, Informe técnico N° 7/2004, Copenhague.

AEMA (2005a), *Climate change and a European low-carbon energy system*, Informe de la AEMA N° 1/2005, Copenhague.

AEMA (2005b), *Household consumption and the environment*, Informe de la AEMA, Copenhague.

AEMA (2005c), *Climate change and river flooding in Europe*, Resumen de la AEMA N° 1/2005, Copenhague.

AEMA (2005d), *Effectiveness of packaging waste management systems in selected countries: an EEA pilot study*, Informe de la AEMA N° 3/2005, Copenhague.

AEMA (2005e), *Effectiveness of urban wastewater treatment policies in selected countries: an EEA pilot study*, Informe de la AEMA N° 2/2005, Copenhague.

AEMA (2005f), *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2003 and inventory report 2005*, Informe técnico N° 4/2005, Copenhague.

Eerens H. et al. (2005), *Background document air quality 1990–2030*, Borrador final, Centro Temático Europeo del Aire y Cambio Climático de la AEMA.

Flörke M. y Alcamo J. (2004) *European Outlook on Water Use*, Center for Environmental Systems Research — University of Kassel, Informe final, EEA/RNC/03/007.

Kristensen P., Fribourg-Blanc B. y Nixon S. (2004), *Outlooks on Nutrient Discharges in Europe from Urban Waste Water Treatment Plants*, Borrador final, Centro Temático Europeo sobre Agua de la AEMA.

Skovgaard M., Moll S., Møller Andersen F. y Larsen H. (2004) *Prospective analysis on waste and material flows — Baseline and alternative scenarios*, Borrador final, Centro Temático Europeo de Residuos y Flujos de Materiales de la AEMA y Risø National Laboratory.

Witzke H. P., Britz W. y Zintl A. (2004) *Outlooks on selected agriculture variables for the 2005 State of the Environment and the Outlook Report*, EuroCARE Bonn, Informe final, EEA/RNC/03/016.

Documentos políticos

(Disponibles en www.europa.eu a menos que se especifique de otra manera)

Comunicación de la Comisión COM (96) 0399 'Revisión de la Estrategia Comunitaria de gestión de residuos'.

Comunicación de la Comisión COM (97) 599 'Energía para el futuro: fuentes de energía renovables - Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios'.

Comunicación de la Comisión COM(2001) 245 'El programa Aire Puro para Europa: hacia una estrategia temática en pro de la calidad del aire'.

Comunicación de la Comisión COM(2001) 31 'sobre el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en Materia de Medio Ambiente 'Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos'.

Comunicación de la Comisión COM(2002) 179 'Hacia una estrategia temática para la protección del suelo'.

Comunicación de la Comisión COM(2002) 349 'Hacia una estrategia temática en el uso sostenible de plaguicidas'.

Comunicación de la Comisión COM(2002) 539 'Hacia una estrategia temática para proteger y conservar el medio marino'.

Comunicación de la Comisión COM(2003) 301 'Hacia una estrategia temática para la prevención y el reciclado de residuos'.

Comunicación de la Comisión COM(2003) 572 'Hacia una estrategia temática para el uso sostenible de los recursos naturales'.

Comunicación de la Comisión COM(2004) 60 'Hacia una estrategia temática sobre el medio ambiente urbano'.

Comunicación de la Comisión COM(2005) 330 'Trabajando juntos por el crecimiento y el empleo - Relanzamiento de la Agenda de Lisboa'.

Consejo de la Unión Europea (2003), Reforma de la PAC — Compromiso de Luxemburgo, 10961/03, 30 de junio de 2003, Bruselas.

Consejo de la Unión Europea (2005), Conclusiones sobre el cambio climático del Consejo de Medio Ambiente, 10 de marzo de 2005, Bruselas.

Convención de Bonn sobre la Conservación de las especies migratorias (1979). http://www.cms.int/documents/convtxt/cms_convtxt.htm.

Convenio Ramsar de humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (1971). http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm.

Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992). <http://unfccc.int/resource/conv/conv.html>.

Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático — Protocolo de Kioto (1997) <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.

Decisión No 1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 2002 por la que se establece el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en Materia de Medio Ambiente (publicado en el DO C 242 de 10/9/2002).

Directiva 79/409/CEE del Consejo de 2 de abril de 1979 sobre la conservación de aves silvestres: Directiva sobre aves.

Directiva 91/271/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1991 relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas: Directiva sobre aguas residuales urbanas.

Directiva 91/676/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura: Directiva sobre nitratos.

Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres: Directiva sobre hábitats.

Directiva 94/63/CE del Consejo de 20 de diciembre de 1994 sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio.

Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación: Directiva IPPC.

Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996 sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente: Directiva marco de calidad del aire.

Directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.

Directiva 1999/31/CE del Consejo del 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de septiembre de 2000 relativa a los vehículos al final de su vida útil.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Directiva 2001/77/CE del parlamento Europeo y del Consejo de 27 de septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.

Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2001 sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión.

Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2001 sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

Reglamento (CEE) del Consejo No 1210/90 de 7 de mayo de 1990 por el que se crea la Agencia Europea de Medio Ambiente y la red europea de información y de observación sobre el medio ambiente. Modificado por el Reglamento (CE) No 933/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 1999, y el Reglamento (CE) No 1641/2003 de 22 de julio de 2003.

United Nations Millennium Development Goals (2002). <http://www.un.org/millenniumgoals/>.

Bibliografía

Agencia Internacional de la Energía — AIE (2004), World Energy Outlook 2004, OECD/IEA, París.

Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch y S. Siebert (2003a), Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. *Hydrological Sciences*. 48 (3), 317–337.

Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch y S. Siebert (2003b), Global estimation of water withdrawals and availability under current and 'business as usual' conditions. *Hydrological Sciences*. 48 (3), 339–348.

Amann, M., J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont y Schöpp W. (1999), "The RAINS model: a tool for assessing regional emission control strategies in Europe." *Pollution Atmospherique* (Diciembre 1999): 41–63.

Ascroft R. (1994), Names of the AFE species, Environmental Research Centre at the University of Durham.

Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes — EFMA (2004), Forecast of food, farming and fertilizer use in the European Union 2004–2014, Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes.

Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R. y Latour, J.B. (2002), Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050, *Global Change Biology* 8, 390–407.

Bruinsma J., (Ed.) (2003), World agriculture: towards 2015/2030 — An FAO perspective, Earthscan, Londres y FAO, Roma.

Comisión Europea (2003a), European Energy and Transport Trends to 2030, Dirección General de Energía y Transporte (proyecto LREM).

Comisión Europea (2003b), World energy, technology and climate policy outlook — WETO 2030, EUR 20366, Dirección General de Investigación (Energía).

Comisión Europea (2003c), Greenhouse Gas Reduction Pathways in the UNFCCC Process up to 2025, Dirección General de Medio Ambiente (proyecto REDEM).

Comisión Europea (2003d), Assessing Climate Response Options: Policy Simulations — Insights from using national and international models, Dirección General de Investigación (proyecto ACROPOLIS).

Comisión Europea (2004a), Prospects for agricultural markets 2004–2011 — Update for EU-25, Dirección General de Agricultura.

- Comisión Europea (2004b), SAPIENTIA — Systems Analysis for Progress and Innovation in Energy Technologies for Integrated Assessment, Dirección General de Investigación
- Comisión Europea (2004c), European Energy and Transport — Scenario on key drivers, ISBN 92-894-6684-7, Dirección General de Energía y Transporte.
- Criqui, P. (2002), Greenhouse Gas Emission Control Strategies — Final Report Section 6: Detailed Report, GECS — Research Project N° EVK2-CT-1999-00010, Thematic Programme: Environment and Sustainable Development, Directorate-General for Research, Fifth Framework Programme, CNRS-IEPE, Grenoble, Francia.
- Criqui, P. y Kitous A. (2004), Le scénario POLES Facteur 4, LEPII-EPE & ENERDATA, Grenoble, Francia.
- DEFRA (2003), Energy White Paper: Our energy future — creating a low carbon economy, Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Londres.
- Den Elzen, M.G.J. y Lucas, P. (2003), FAIR 2.0: a decision-support model to assess the environmental and economic consequences of future climate regimes. Informe 550015001 de RIVM, Países Bajos.
- División de población de Naciones Unidas — ONU (2003), World Population Prospects, 1950–2050 (The 2002 Revision)
<http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>.
- División de población de Naciones Unidas — ONU (2004), World Population to 2300
<http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>.
- EUROSTAT (2000), Waste generated in Europe, Luxemburgo.
- EUROSTAT (2002), Cuestionario conjunto de Eurostat/OCDE 2002 sobre aguas continentales parte 1, Disponible en: <http://forum.europa.eu>
- EUROSTAT (2003), Water use and waste water treatment in the EU and in Candidate Countries. Statistics in Focus 8/2003. Disponible en: www.europa.eu/comm/eurostat.
- EUROSTAT (2004), Population statistics — data 1960–2003. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- FAPRI (2004), U.S. y World Agricultural Outlook, Staff Report 1-04, ISSN 1534-4533, Food and Agricultural Policy Research Institute, Iowa State University, University of Missouri-Columbia.
(<http://www.fapri.iastate.edu/Outlook2004/>)
- Henrichs T, Lehner, B. y Alcamo J. (2002), An Integrated Analysis of Changes in Water Stress in Europe. Integrated Assessment. 3 (1) 15–29.
- IPCC (1990), IPCC First Assessment Report, Grupo intergubernamental sobre el cambio climático, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (1992), Climate Change 1992, Grupo intergubernamental sobre el cambio climático, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2000), Special Report on Emission Scenarios (SRES), Grupo intergubernamental sobre el cambio climático, Cambridge University Press, Cambridge.
- Isoard S. y Wiesenthal T. (2005), Energy savings in drastic climate change policy scenarios, Proceedings of the 2005 European Council for an Energy Efficient Economy (ecee) Summer Study — Energy savings: What Works & Who Delivers?
- Jalas, J. y Suominen, J. (1989), Atlas Florae Europaeae: Distribution of Vascular Plants in Europe, Vol. 1–10. Helsinki: The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo.
- Lehner, B., Henrichs, T., Döll, P., y Alcamo, J. (2000), EuroWasser — Model based assessment of European water resources and hydrology in the face of global change, Kassel World Water Series Report 5, Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel.
- Millennium Ecosystem Assessment — MEA (2005), Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington DC.
- OCDE (2001), OECD Environmental Outlook. OCDE, París.
- OCDE (2003), OECD Environmental Data Compendium 2002. Disponible en www.oecd.org
- Organización Mundial de Turismo (2001), Tourism 2020 vision, Volume 7 Global forecasts and profiles of market segments, Madrid.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente — PNUMA (2002), Global Environmental Outlook 3, Earthscan, Londres.
- Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Meijer, S. y Wicover, J. (2001a), 2020 Global Food Outlook: Trends, Alternatives, and Choices, A 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington D.C.

Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Meijer, S., y Wicover, J. (2001b), *Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington D.C. Schröter D. *et al.* (2004), *Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling (ATEAM) final report*, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK).

Simpson D., Fagerli H., Jonson J. E., Tsyro S. y Wind P. (2003), *Unified EMEP Model Description*. EMEP Report 1/2003, Oslo, Noruega.

Stockholm Environment Institute — SEI (1997), *Branch Points: Global Scenarios and Human Choice*. Stockholm Environment Institute.

Stockholm Environment Institute — SEI (1998), *Bending the Curve: Toward Global Sustainability*. Stockholm Environment Institute.

Tarrasón, L., Fagerli, H., Jonson, J.E., Klein, H., van Loon, M., Simpson, D., Tsyro, S., Vestreng, V., Wind, P., Posch, M., Solberg, S., Spranger, T., Thunis, P. y White, L. (2004), *Transboundary Acidification and Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe*. Unified EMEP Model Description. EMEP Status Report 1/2004.

WBGU (2003a), *World in Transition — Towards Sustainable Energy Systems*, German Advisory Council on Global Change (WBGU), Berlín.

WBGU (2003b), *Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond*, German Advisory Council on Global Change (WBGU), Berlín.

World Business Council for Sustainable Development — WBCSD, (1997), *Exploring Sustainable Development*, Ginebra.

World Commission on Environment and Development — WCED (1987), *Our Common Future*, *Oxford University Press*, Oxford.

World Water Vision — WWV (2000), *World Water Vision: Making water everybody's business*, *Earthscan*, Londres.

Anexo 4 Glosario de términos sobre las perspectivas del medio ambiente

Una **perspectiva** describe futuros desarrollos, normalmente resaltando las relaciones e interacciones existentes entre las principales fuerzas motrices y sus posibles implicaciones.

Un **escenario** es una descripción verosímil de cómo se puede desarrollar el futuro basándose en proposiciones del tipo «si... entonces». Un escenario medioambiental típico incluye una representación de la situación inicial y una línea de desarrollo que describe las principales fuerzas motrices y los cambios que conducen a una imagen del futuro. Los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos.

Escenarios de referencia (también mencionados como «escenarios de partida» o «escenarios comparativos»), son escenarios en los que no se implantan nuevas políticas o medidas, aparte de las que ya han sido acordadas o adoptadas.

Escenarios alternativos (también referidos como «escenarios políticos») son escenarios que tienen en cuenta nuevas políticas o medidas, además de aquellas que ya han sido acordadas o adoptadas, y/o hipótesis sobre las fuerzas motrices clave que divergen de aquellas que se toman como base en un escenario de referencia.

Los **escenarios exploratorios** comienzan con una situación de partida y un conjunto de hipótesis sobre políticas, medidas y fuerzas motrices clave para explorar desarrollos futuros verosímiles.

Los **escenarios de previsiones** (en ocasiones denominados «escenarios normativos») comienzan con una visión determinada del futuro y a continuación dan marcha atrás para visualizar el modo en que ha surgido ese futuro.

Los **escenarios cualitativos** son descripciones narrativas de futuros desarrollos (presentados como líneas de desarrollo, diagramas, imágenes, etc.).

Los **escenarios cuantitativos** son estimaciones numéricas de futuros desarrollos (presentados en forma de tablas, gráficos, mapas, etc.) basadas normalmente en los datos disponibles, tendencias del pasado y/o modelos matemáticos.

Proyección – véase escenarios cuantitativos.

Un **análisis de sensibilidad** es una investigación de las variaciones que se producen en los resultados cuando se modifican las hipótesis clave o las variables de entrada de las proyecciones. El objetivo es identificar el efecto relativo (marginal) de cada una de las variables de entrada o hipótesis sobre los resultados de las proyecciones y aislar su cadena de efectos. Las pruebas de tensión son una forma específica de análisis de sensibilidad en que se investigan los efectos de los valores extremos. El objetivo es estudiar en qué condiciones se alcanzarán las condiciones límite (por ejemplo, pautas extremadamente insostenibles).

Los **análisis de incertidumbre** son una evaluación del grado de desconocimiento de un valor (por ejemplo, de un valor que describe un estado o desarrollo futuro), en el que se analizan las consecuencias de las incertidumbres asociadas a las hipótesis y/o los modelos de entradas/ecuaciones sobre los resultados. En las evaluaciones basadas en modelos, las variables de entrada correspondientes al análisis de incertidumbre varían dentro de los valores investigados por los análisis de sensibilidad. Entre las técnicas comunes se incluyen, por ejemplo, el método de Monte Carlo y el cálculo de intervalos de confianza. La incertidumbre también se puede representar mediante declaraciones cualitativas, por ejemplo en forma de dictámenes periciales.