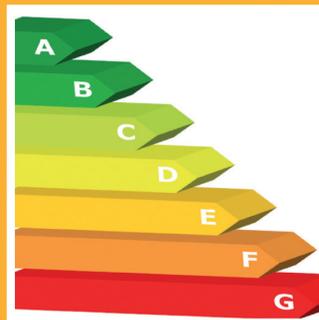


# Energía y medio ambiente, informe 2008





# Energía y medio ambiente, informe 2008



2010

**Advertencia**

El contenido de la presente publicación no refleja necesariamente las opiniones oficiales de la Comisión Europea ni de otras instituciones de las Comunidades Europeas. 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. Las consultas relacionadas con derechos de traducción o reproducción deberán dirigirse a la AEMA (ver señas más abajo).

En Internet puede consultarse información sobre la Unión Europea, en la siguiente dirección: [www.europa.eu](http://www.europa.eu).

**Revisión científica de la edición en español:**

Este trabajo ha sido realizado por TAU Consultora Ambiental por encargo de la Unidad de Información Ambiental Estratégica (Punto Focal Nacional de la AEMA), Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

**Supervisión, coordinación y control (MARM):**

Javier Cachón de Mesa

**Coordinación (TAU Consultora Ambiental):**

Laura Romero Vaquero

**Equipo de revisión:**

Manuel Álvarez-Arenas Bayo, TAU Consultora Ambiental  
Miguel Ángel Alario Franco, Catedrático de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias Químicas, UCM  
José Luis Sotelo Sancho, Catedrático de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Químicas, UCM

**Título original en inglés:**

*Energy and environment report 2008*

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2008.

© Agencia Europea de Medio Ambiente, 2008  
Publicada mediante convenio con la AEMA y con la Oficina de Publicaciones de la CE (OPOC).  
El Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino.

**Diseño y maquetación de la edición en inglés:** AEMA

Foto de la portada © Pawel Kazmierczyk

Foto izquierda © Stockxpert

Foto derecha © Stockxpert

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO**

**Secretaría General Técnica:** Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palaos López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M<sup>a</sup> Dolores López Hernández.

**Edita:**

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Distribución y venta:**

Paseo de la Infanta Isabel, 1  
Teléfono: 91 347 55 51 - 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

Plaza San Juan de la Cruz, s/n  
Teléfono: 91 597 60 81  
Fax: 91 567 66 01  
Tienda Virtual: [www.marm.es](http://www.marm.es)

**Impresión:** Imprenta Taravilla, S.L. - Mesón de Paños, 6 - 28013 Madrid

NIPO: 770-10-299-9

ISBN: 978-84-491-1056-6

Depósito Legal: M. 48.928-2010

Catálogo General de publicaciones oficiales:

<http://www.060.es> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

**Datos técnicos:** Formato: 21 x 29,7 cm. Caja de Texto: 17,5 x 25 cm. Composición: dos columnas. Tipografía: Palatino Linotype, cpo. 10, interlineado 12. Encuadernación: Rústica. Papel: Interior en couché reciclado 100% libre de cloro de 115 gr. Cubierta en cartulina gráfica 100% libre de cloro de 300 gr. Tintas a 4/4 plastificado mate.

# Presentación de la edición española

El consumo de energía y el impacto ambiental que provoca su generación y distribución han sido factores característicos del modelo de desarrollo del siglo pasado. Un modelo en el que la modernidad parecía ser sinónimo de grandes instalaciones industriales, de crecimientos notables de las emisiones, de impactos causados por grandes embalses en el medio natural, etc. Las cumbres de la ONU de Estocolmo en 1972, y sobre todo la de Río en 1992, crearon una dinámica nueva, reconociendo los efectos no sostenibles de ese modelo de desarrollo. El nuevo proceso emprendido cuenta con numerosos Convenios y acuerdos internacionales, que intentan disminuir los daños causados y no sobrepasar umbrales irreparables, como es el caso del cambio climático y el límite de dos grados de calentamiento sobre la etapa preindustrial.

La producción y consumo de energía están entre los factores más importantes a la hora de evaluar el posible impacto de las actividades antrópicas en el medio ambiente. Ha costado años asumir que pueden fabricarse bienes, realizar viajes, y garantizar la calidad de vida con un consumo menor de energía de lo que era habitual hace sólo unos lustros. También hemos emprendido el proceso de impulsar las fuentes de energía renovables, especialmente eólica y solar, con resultados apreciables, tanto desde el punto de vista energético y ambiental como en la creación de empleo.

La economía española muestra una tendencia claramente descendente en la intensidad energética (consumo de energía primaria dividido por el PIB). En el año 1990 se necesitaban 261,4 kg de petróleo equivalente por cada 1000€ de PIB. En el año 2000 esta cifra había bajado hasta 196,2 kgpe/1000€ PIB. En 2007 la cantidad ya era de 184,2 kgpe/1000€ PIB. En España cada vez construimos más bienes con menos energía, en una tendencia que coincide con lo que ocurre en la Unión Europea, en EEUU y en general en los países industrializados. Pero es una tendencia en la que hay que profundizar.

El Paquete de Cambio Climático y Energía aprobado por la Comisión Europea en 2008 plantea la reducción en 2020 de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un 20% respecto del año 1990, el incremento del 20% de las energías renovables y el aumento del 20% en la eficiencia energética. La nueva Estrategia UE 2020 apuesta por un desarrollo sostenible, una economía baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos naturales.

En España entre las principales iniciativas legislativas puestas en marcha de cara a conseguir una economía baja en carbono destaca el Plan de Energías Renovables 2011-2020. Por sectores, el consumo de energía final en nuestra economía se distribuía en 2008 en la siguiente proporción: el 30,4% la industria, el 40,2% el transporte, el 16,7% el sector residencial, el 9,3% el sector servicios y el 3,4% la agricultura. El consumo de energía primaria, que entre 2004 y 2008 presentaba una cierta estabilidad, experimenta un descenso notable en 2009.

Nuestra estructura de la generación eléctrica ha ido variando hacia un modelo más sostenible: las energías renovables, que en 2005 suponían el 18,8% de la generación total de electricidad, han pasado en 2008 a ser el 19,71% y en 2009 (en cifras aún provisionales) el 24,56%. En cuatro años las energías renovables (entendiendo por ellas la hidráulica, eólica, biomasa, solar y otras) han dado un salto considerable, superando a la contribución tanto del carbón como de la energía nuclear en la producción de electricidad.

Desde el año 2008 se aprecia un descenso notable de la intensidad de gases de efecto invernadero de origen energético, relación entre las emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq producidas por las industrias de transformación o procesado de la energía y el PIB.

Hay diferentes iniciativas en marcha, relacionadas con el transporte, con la industria, con los sectores difusos, que tienen como objetivo disminuir el consumo de energía, variar la fuente energética utilizada, y con ello disminuir las emisiones y el impacto ambiental. Ninguna de ellas basta por sí sola para conseguir los resultados buscados, pero todas ellas son necesarias, así como la participación de las administraciones en todos sus niveles, de las empresas y de los ciudadanos.

María Jesús Rodríguez de Sancho  
Directora general de Calidad y Evaluación Ambiental  
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

# Índice

---

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>5</b>
<b>Resumen ejecutivo .....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>11</b>
<b>1. ¿Cuál es el impacto del uso y la producción de energía sobre el medio ambiente?.....</b>	<b>14</b>
1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero.....	17
1.2 Contaminación atmosférica .....	19
1.3 Otras presiones ambientales relacionadas con la energía.....	26
1.4 Impactos del cambio climático sobre la producción y consumo de energía .....	29
1.5 Análisis del ciclo de vida (ACV) de los sistemas energéticos .....	30
1.6 Escenarios .....	34
<b>2 ¿Qué tendencias se observan en Europa con respecto a la combinación de fuentes de energía y qué consecuencias ambientales se derivan? .....</b>	<b>36</b>
2.1 Seguridad energética .....	37
2.2 ¿Se ha producido un cambio en la combinación de combustibles para la producción de energía?.....	41
2.3 Escenarios .....	43
<b>3 ¿Con qué rapidez se están aplicando las tecnologías de energías renovables? .....</b>	<b>44</b>
3.1 El desarrollo de las energías renovables.....	44
3.2 Escenarios .....	50
<b>4 ¿Aumenta la eficiencia del sistema europeo de producción de energía? .....</b>	<b>51</b>
4.1 Eficiencia de la producción de energía.....	51
<b>5 ¿Quedan reflejados adecuadamente los costes ambientales en el precio de la energía? .....</b>	<b>58</b>
5.1 Estimación de los costes externos de la producción de energía.....	58
5.2 El RCDE UE (Régimen comunitario de comercio de derechos de emisión).....	59
5.3 Costes externos estimados.....	60
5.4 Impuestos ambientales.....	62
5.5 Precios de la energía para el usuario final.....	63

<b>6</b>	<b>¿Cuáles son las tendencias en el consumo energético de los hogares y qué políticas existen para aumentar la eficiencia energética? .....</b>	<b>67</b>
6.1	Introducción.....	67
6.2	Política de eficiencia energética para la calefacción y refrigeración de los hogares .....	69
6.3	Consumo de energía y emisiones de los hogares .....	71
6.4	Buenas prácticas en el diseño y la evaluación de políticas.....	77
<b>7</b>	<b>Tendencias de la UE en comparación con otros países .....</b>	<b>80</b>
7.1	El contexto .....	81
7.2	Tendencias.....	82
7.3	Eficiencia energética y políticas energéticas renovables en EE.UU. y China .....	84
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>85</b>
	<b>Anexo 1 Antecedentes de los escenarios .....</b>	<b>90</b>
	<b>Anexo 2 Cuestiones relacionadas con los datos sobre el consumo energético de los hogares.....</b>	<b>92</b>
	<b>Anexo 3 Lista de indicadores de energía y medio ambiente de la AEMA.....</b>	<b>96</b>
	<b>Anexo 4 Descripción de las principales fuentes de datos .....</b>	<b>97</b>

# Agradecimientos

---

Este informe ha sido elaborado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Los directores de proyecto de la AEMA han sido Anca Diana Barbu y Ricardo Fernández. A su elaboración ha contribuido un consorcio dirigido por Ecofys (Reino Unido). Ann Gardiner (Ecofys, Reino Unido) ha coordinado las aportaciones de sus miembros.

Otros autores: Ayla Uslu (AEMA) y James Greenleaf (Ecofys).

Miembros del Grupo Asesor: Helen Donoghue, Comisión Europea (DG Energía y Transportes); Johan-Marcus Carlsson-Reich, Comisión Europea (DG Medio Ambiente); Karen Treanton, Agencia Internacional de la Energía; Nikolaos Roubanis, Comisión Europea (Eurostat).

La AEMA agradece los valiosos comentarios y las aportaciones del Dr. Allan Hoffman (DOE, EE.UU.), el Prof. Dr.-Ing. Manfred Kleemann (COEEEP, Alemania), el Dr. Peter Taylor (AIE), Mihai Tomescu (DG Medio Ambiente) y Stephane Quefelec (Plan Bleu).

La AEMA desea agradecer los comentarios recibidos del Punto Focal Nacional y los Puntos de Contacto Principales sobre energía y, en particular, desea dar las gracias a Anita Leite (Letonia), Claire-Lise Suter Thalmann (Suiza), Johnny Auestad (Noruega), Kai Kuhnhenh (Alemania) y Lucyna Dygas Ciolkowska (Polonia).

Los directores del proyecto desean dar las gracias a los miembros de la AEMA Almut Reichel, Andre Jol, Jeff Huntington, Johannes Schilling y Josef Herkendell por su participación a la hora de estructurar el informe y hacer más claras sus conclusiones.

# Resumen ejecutivo

El presente informe analiza los factores fundamentales relacionados con la producción y el consumo de energía, así como las presiones y ciertos impactos ambientales que una y otro ejercen, teniendo en cuenta los principales objetivos de la política europea en materia de energía y medio ambiente, entre ellos la seguridad del suministro, la competitividad, el aumento de la eficiencia energética y de la energía renovable, y la sostenibilidad ambiental. El informe aborda seis cuestiones políticas importantes y presenta las tendencias constatadas en el seno de la UE en comparación con otros países.

## 1 ¿Cuál es el impacto del uso y la producción de energía sobre el medio ambiente?

La producción y el consumo de energía ejercen presiones de muy diversa índole sobre el medio ambiente natural y la salud pública, algunas de las cuales han disminuido. A continuación se detallan las principales tendencias observadas en Europa.

1. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía, que representan el 80% del total de las emisiones, siguen predominando, con el sector de producción de electricidad y calor a la cabeza, seguido del transporte.
2. Entre 1990 y 2005, las emisiones de GEI relacionadas con la energía en la UE27 descendieron un 4,4%, si bien una parte importante de este descenso se produjo a principios del decenio de los noventa debido a los cambios estructurales que tuvieron lugar en las economías de los Estados miembros de la UE12<sup>(1)</sup>. La intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las centrales térmicas convencionales de suministro público de la UE27 disminuyó un 27% debido a las mejoras en la eficiencia y a la sustitución del carbón por gas en el sector eléctrico.
3. Entre 1990 y 2005, en la UE27 se registró un descenso de las emisiones de sustancias acidificantes, de precursores del ozono troposférico y de partículas, relacionadas con la energía del 59%, 45% y 53% respectivamente, debido sobre todo a la introducción de tecnologías de reducción en las centrales eléctricas y al uso de catalizadores

en el transporte por carretera. Las mejoras en la reducción de los contaminantes atmosféricos (p. ej., SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>) muestran ahora una tendencia decreciente debido al uso cada vez mayor de carbón en la generación de electricidad y calor.

4. La cantidad anual de combustible gastado procedente de las centrales nucleares disminuyó un 5% en el período 1990–2006, a pesar del incremento del 20% registrado en la producción de electricidad. Sin embargo, los residuos de alta actividad siguen acumulándose y, de hecho, en 2006 se superaron las 30.000 toneladas de metales pesados. En estos momentos no existen instalaciones comerciales disponibles para el almacenamiento permanente de este tipo de residuos.
5. Desde el decenio de los noventa, se ha registrado un descenso de los vertidos de petróleo procedentes de plataformas y de los vertidos accidentales de los petroleros, gracias al menor número de accidentes de los grandes buques cisterna. También han contribuido a esta tendencia las mejoras de las medidas de seguridad, como los buques de doble casco.

Los escenarios de referencia mostrados en los modelos POLES, WEM y PRIMES indican que es previsible que el consumo de energía primaria aumente para 2030 entre un 10% y un 26% con respecto a 2005, con una elevada cuota de los combustibles fósiles en todos los casos. Según estas hipótesis, también es probable que las presiones ambientales derivadas de la producción y el consumo de energía aumenten en el futuro. La ralentización del incremento absoluto del consumo de energía primaria solo será posible en aquellos escenarios en los que se apliquen políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático<sup>(2)</sup>, de modo que el consumo comenzaría a disminuir realmente entre 2020 y 2030, debido principalmente a una mejora en la eficiencia energética. En estos escenarios se mantendrá la tendencia positiva a la baja de las presiones ambientales asociadas al consumo y la producción de energía, debido a la reducción significativa de la demanda de energía primaria y al aumento del ritmo de penetración de las energías renovables. Por ejemplo, es posible que en 2030 se alcancen reducciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> del orden del 20% al 30%, con respecto a las de 2005.

(1) Los Estados miembros que se adhirieron a la Unión a partir de 2004: Bulgaria, Chipre, República Checa, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Rumanía, Eslovaquia y Eslovenia.

(2) Por ejemplo, el escenario POLES de reducción de GEI se basa en una posible trayectoria de las emisiones hasta 2050, lo que puede permitir que se cumpla el objetivo de la UE de limitar el aumento de la temperatura global a 2°C. En el anexo I de este informe se ofrecen más detalles de los escenarios.

A más largo plazo, también es importante considerar el posible impacto del cambio climático sobre la producción y el consumo de energía.

1. El cambio climático modificará los patrones de demanda de energía. En Europa meridional y en la región mediterránea se incrementará el consumo de electricidad debido al aumento previsto de las temperaturas y al correspondiente aumento de la demanda de refrigeración. En Europa septentrional, la demanda de energía de calefacción será menor, pero el efecto neto en toda Europa es difícil de predecir.
2. El cambio climático afectará a la producción de energía. A causa de las variaciones previstas en la escorrentía fluvial, la producción de energía hidroeléctrica aumentará en el norte de Europa y disminuirá en el sur. Además, se prevé que las sequías estivales sean más intensas en el conjunto de Europa, lo que limitará la disponibilidad de agua para refrigeración y, por tanto, reducirá la eficiencia de las centrales térmicas.
3. Ambos impactos pueden provocar una serie de alteraciones en las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero procedentes del sector energético que, no obstante, resultan difíciles de estimar en estos momentos.

## 2 ¿Qué tendencias se observan en Europa con respecto a la combinación de fuentes de energía y qué consecuencias ambientales se derivan?

El concepto de seguridad energética en Europa abarca una gran variedad de aspectos tales como la eficiencia energética, la diversificación del suministro energético, el aumento de la transparencia en cuanto a la demanda de energía y las ofertas de suministro, la solidaridad entre los Estados miembros de la UE, las infraestructuras y las relaciones exteriores. Junto con la eficiencia energética, el hecho de que la seguridad del suministro dependa de las importaciones de energía tiene consecuencias directas sobre el medio ambiente. Algunos de los vínculos existentes entre el medio ambiente y la dependencia de las importaciones de energía vienen determinados por la combinación de combustibles utilizados para proporcionar servicios energéticos, el nivel de demanda de los mismos y la rapidez con la que deben suministrarse. La reducción de la dependencia de las importaciones de energía puede tener efectos positivos y negativos para el medio ambiente, tanto dentro como fuera de la UE, según sean las fuentes de energía importadas y las que van a sustituirse. En Europa, la mayor penetración de las fuentes de energía renovables en la combinación de fuentes de energía, unida a la sustitución del carbón por gas, ha originado una reducción de la contaminación atmosférica y de las emisiones de GEI relacionadas con la energía, pero también ha dado lugar a una mayor dependencia de las importaciones de gas. Sin embargo, estos beneficios ambientales se ven parcialmente contrarrestados por el aumento del consumo energético y, más recientemente,

también por la tendencia ascendente del uso del carbón en la producción de electricidad, dada la preocupación por la seguridad del suministro y por los altos e inestables precios de los combustibles fósiles importados.

1. El sistema energético actual de la UE depende en gran medida de los combustibles fósiles. La cuota de estos combustibles en el consumo total de energía disminuyó solo ligeramente entre 1990 y 2005: de alrededor del 83% al 79%.
2. En 2005, más del 54% de la energía primaria consumida fue importada, y esta dependencia de los combustibles fósiles importados ha seguido aumentando de forma constante (desde el 51% en 2000).
3. La dependencia del gas natural y el carbón está aumentando rápidamente. Las importaciones de gas natural representaban el 59% del consumo total de energía primaria basada en el gas en 2005, mientras que las importaciones de energía primaria basada en la hulla alcanzaron el 42%. Las importaciones de petróleo representaban el 87% en 2005 (frente al 84% en 2000) debido al incremento sustancial de la demanda procedente del transporte, lo cual refleja la falta de alternativas reales de dicho sector y las bajas reservas petrolíferas de la UE.
4. Rusia suministró el 18,1% del consumo total de energía primaria de la UE27 en 2005 (frente al 13,3% en 2000), convirtiéndose en el principal exportador individual de energía hacia la UE. Rusia suministra el 24% del consumo de energía primaria basada en el gas y el 28% del consumo de energía primaria basada en el petróleo, y es el segundo mayor proveedor de carbón después de Sudáfrica, con el 10% del consumo de energía primaria basada en el carbón en 2005.
5. Entre 1990 y 2005, el consumo final de electricidad aumentó, por término medio, un 1,7% anual, mientras que el consumo de energía final solo aumentó un 0,6% anual.
6. En Europa se está produciendo un cambio en la combinación de fuentes de energía. Las energías renovables presentan la mayor tasa de crecimiento anual en el consumo total de energía primaria, con una media del 3,4% entre 1990 y 2005, seguidas del gas natural, con una tasa de crecimiento anual del 2,8% en el mismo período. La tasa de crecimiento anual del consumo de petróleo ha descendido, en especial en los últimos años, debido a que está siendo parcialmente sustituido por el gas y el carbón en la producción de electricidad.
7. La sustitución por el gas debido a las limitaciones ambientales (incluyendo las preocupaciones relacionadas con el cambio climático) y al rápido incremento de la demanda de electricidad ha reportado ciertos beneficios ambientales (reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>), pero ha aumentado la dependencia de las importaciones de gas. El consumo de gas natural aumentó más del 30% entre 1990 y 2005.

Los escenarios de referencia extraídos de los modelos POLES, WEM y PRIMES muestran un aumento de la dependencia de la importación de combustibles fósiles, especialmente en el caso del gas, cuyas importaciones (como porcentaje del consumo de energía primaria basada en el gas) experimentarán un aumento, desde el 59% aproximadamente en 2005 hasta el 84% en 2030. La cuota de importaciones de todos los combustibles fósiles sigue en aumento, incluso en escenarios en los que se asumen políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático. En estos escenarios, las mejoras en la eficiencia energética y la penetración de las energías renovables se producen con mayor rapidez, pero el efecto positivo se ve más que contrarrestado por la caída en la producción de combustibles fósiles autóctonos, con el consiguiente aumento de las importaciones para satisfacer la creciente demanda de energía.

### 3 ¿Con qué rapidez se están aplicando las tecnologías de energías renovables?

El impacto ambiental de las tecnologías de energías renovables suele ser inferior al producido por los combustibles fósiles, pero existen dudas acerca de la sostenibilidad ambiental de ciertos tipos de biocarburantes. Aunque en los últimos años han alcanzado altas tasas de crecimiento, es necesario aplicar nuevas medidas para alcanzar los objetivos propuestos para 2020.

1. En 2005, las energías renovables representaban el 6,7% del consumo total de energía primaria en la UE27, con respecto a una cuota del 4,4% en 1990. Durante este mismo período, la cuota de energías renovables en el consumo final también se incrementó, pasando del 6,3% en 1991 hasta el 8,6% en 2005.
2. La energía eólica sigue siendo la dominante, con el 75% de la capacidad total de renovables instalada en 2006 (excluyendo la electricidad procedente de las grandes centrales hidroeléctricas y de la biomasa). El mayor crecimiento se produjo en Alemania, España y Dinamarca, que contribuyeron al 74% de toda la capacidad eólica instalada en la UE27 en dicho año. También en ese año, solo en Alemania se instalaron el 89% de los sistemas de energía solar fotovoltaica y el 42% de los de energía solar térmica.
3. La cuota de renovables en el consumo de energía final varía significativamente de unos países a otros: del 25% en Suecia, Letonia y Finlandia a menos del 2% en el Reino Unido, Luxemburgo y Malta. Los nuevos Estados miembros presentaron las mayores cuotas de crecimiento, con aumentos de más de 10 puntos porcentuales en Estonia, Rumanía, Lituania y Letonia.
4. Entre 1990 y 2005, la producción de electricidad a partir de energías renovables aumentó en términos absolutos (una media del 2,7% anual) pero el

importante crecimiento del consumo eléctrico contrarrestó parcialmente estos logros positivos y redujo la cuota de los sistemas basados en fuentes de energía renovable (SER) en el consumo eléctrico bruto a solo el 14,0% en 2005.

Los escenarios de referencia extraídos de los modelos POLES, WEM y PRIMES muestran que se espera un aumento de la cuota de renovables en el consumo de energía primaria que oscila entre el 10% para 2020 y el 18% para 2030. En los escenarios que aplican políticas más estrictas para reducir las emisiones de GEI y promocionan los SER y la eficiencia energética, se prevén cuotas mayores de renovables en el consumo de energía primaria, que oscilarían entre 13% en 2020 y el 24% en 2030. Estas cuotas más elevadas se sustentan también en mejoras más rápidas de la eficiencia energética, encaminadas a reducir el consumo en términos absolutos. Las estimaciones varían sustancialmente según el modelo utilizado y el escenario específico elegido, dado que los diferentes escenarios parten de hipótesis distintas relativas a los costes de las diversas tecnologías, los precios del carbón y la rapidez de las mejoras de la eficiencia energética.

Para alcanzar los nuevos objetivos propuestos en materia de energías renovables, se requiere un importante esfuerzo a fin de pasar de los niveles actuales (8,5% del consumo de energía final en 2005) al objetivo del 20% de energías renovables en el consumo de energía final para 2020. Para ello, 15 Estados miembros deberán incrementar su cuota nacional de renovables en el consumo de energía final en más de 10 puntos porcentuales con respecto a los niveles de 2005. Una reducción sustancial de la demanda de energía final ayudará a que Europa alcance el objetivo fijado para las renovables.

### 4 ¿Aumenta la eficiencia del sistema europeo de producción de energía?

El aumento de la eficiencia de los sistemas energéticos europeos puede reducir los efectos ambientales y la dependencia de los combustibles fósiles y puede contribuir a limitar el incremento de los costes de la energía. Si bien en los últimos años se ha experimentado un incremento de la eficiencia de la producción de energía, sigue existiendo un considerable potencial de mejora, por ejemplo, por medio de un mayor uso de la cogeneración de calor y electricidad y otras tecnologías energéticamente más eficientes que ya están disponibles o a punto de comercializarse.

1. Se estima que, entre 1990 y 2005, la intensidad energética total (energía total dividida por el PIB) en la UE27 descendió un 1,3% anual. La intensidad energética descendió tres veces más rápido en los nuevos Estados miembros.
2. Durante el período 1990–2005, el nivel medio de eficiencia en la producción de electricidad y calor en

las centrales térmicas convencionales de suministro público mejoró en cerca de 4,2 puntos porcentuales, alcanzando el 46,9% (48,5%, si se incluye también la calefacción urbana) en 2005.

3. Cerca del 25% de la energía primaria se pierde durante la generación, el transporte y la distribución de la energía. La cuota más alta en las pérdidas de energía se produce durante la generación (cerca de  $\frac{3}{4}$  de las pérdidas totales), de ahí que sea urgente desarrollar las tecnologías punta disponibles.
4. En 2005, la cuota de electricidad generada en centrales de cogeneración de electricidad y calor (CEC), en la producción de electricidad bruta total en la UE27, fue del 11,1%. La CEC puede ser una opción rentable para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y podría incrementarse más en la UE.

## 5 ¿Quedan reflejados adecuadamente los costes ambientales en el precio de la energía?

Los precios actuales de la energía varían considerablemente entre los Estados miembros de la UE debido a las diferencias en los niveles y las estructuras fiscales, las subvenciones ofrecidas a diferentes formas de producción de energía y las diferentes estructuras de los mercados. La inclusión de todos los factores externos relevantes para determinar los costes reales del uso de la energía ayudará a ofrecer unas señales relativas al precio correctas, para futuras decisiones de inversión en la oferta y la demanda de energía. Resulta difícil identificar, dentro de las actuales estructuras de precios de la energía, el porcentaje atribuido a los impactos externos adversos de la producción y consumo de energía sobre la salud pública y el medio ambiente.

1. En 2007, el precio nominal de la electricidad para el usuario final en los hogares aumentó una media del 17% con respecto a los niveles de 1995. Ello se debió a una combinación de factores, entre los cuales se encuentran un determinado nivel de internalización de los factores ambientales externos (a través de un aumento de la carga fiscal y los efectos de otras políticas ambientales, como el régimen comunitario de derechos de emisión), unos precios energéticos más altos (sobre todo del carbón y del gas), y otros factores del mercado derivados del proceso de liberalización. En Rumanía, Reino Unido, Polonia e Irlanda se registraron incrementos significativos (cerca del 50%, con respecto a los niveles de 1995).
2. En 2007, el precio nominal del gas para el usuario final en los hogares había aumentado una media de un 75% con respecto a los niveles de 1995, principalmente a causa del incremento de los precios mundiales de los productos básicos. En Rumanía, Reino Unido, Letonia y Polonia, los incrementos se situaron por encima del nivel medio.
3. En términos generales, en 2005 se estimó que los costes externos de la producción de electricidad en

la UE27 se situaban entre un 0,6 y un 2% del PIB. Entre 1990 y 2005 los costes externos descendieron entre 4,9 y 14,5 céntimos de euro/kWh y alcanzaron un valor medio de entre 1,8 y 5,9 céntimos de euro/kWh (según se utilizaran estimaciones al alza o a la baja para calcular los costes externos) en 2005. Entre los factores que contribuyeron a esta tendencia a la baja se encuentran la sustitución del carbón y el petróleo por gas natural, la mayor eficiencia de la transformación y la introducción de tecnologías de reducción de la contaminación atmosférica. Es necesario hacer mayores esfuerzos para desarrollar metodologías que cuantifiquen mejor estos factores externos.

## 6 ¿Qué papel desempeñan los hogares a la hora de afrontar la necesidad de reducir el consumo de energía final y cuáles son las tendencias observadas?

Deberían aplicarse medidas de eficiencia del uso final de la energía en el sector residencial para garantizar que los servicios energéticos (es decir, calefacción, refrigeración y electricidad) sigan siendo asequibles. Al mismo tiempo, una mayor eficiencia energética aportará también ventajas sociales y ambientales. Pese al potencial importante para una reducción eficaz de los costes, el consumo de energía en los hogares sigue aumentando.

1. En 2005, el sector residencial en Europa supuso el 26,6% del consumo de energía final. Se trata de uno de los sectores con un mayor potencial de mejora en la eficiencia energética. Las medidas para reducir la demanda de calefacción/refrigeración en los edificios representan una parte significativa de este potencial. En Irlanda y Letonia, las medidas en el sector residencial representan más del 77% del objetivo global nacional de la Directiva sobre servicios energéticos, mientras que en el Reino Unido, la proporción es de poco más del 50%. Chipre estima que el sector residencial puede aportar una reducción de más de 240 ktep, 1,3 veces el objetivo nacional fijado para 2016 (185 ktep que representan el 10% del consumo interior final — calculado de acuerdo con los requisitos de la directiva).
2. Entre 1990 y 2005, el nivel absoluto del consumo de energía final en los hogares en la UE27 aumentó un promedio de 1,0% anual.
3. El consumo final de electricidad en los hogares se incrementó a un ritmo más rápido, alcanzando un promedio anual del 2,1%.
4. El consumo de energía final de los hogares por m<sup>2</sup> disminuyó anualmente cerca de un 0,4%.
5. Dos factores clave influyen en el consumo de energía global de los hogares: el menor número de personas que viven en casas más grandes y el creciente número de electrodomésticos. Conjuntamente, contribuyen a un aumento en el consumo de los hogares del 0,4% anual.

## 7 Tendencias de la UE en comparación con otros países

Durante la 13ª Conferencia de las Partes del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, las partes coincidieron en que es necesario que exista un criterio compartido sobre cómo hacer frente al cambio climático en una perspectiva a largo plazo. Además de una visión compartida, debería existir también una responsabilidad compartida para la acción, dadas las tendencias históricas y actuales a la hora de generar emisiones mundiales de GEI (especialmente de CO<sub>2</sub>). Estas tendencias varían de un país a otro. En la UE y en países como China y EE.UU., se reconoce cada vez más que la mejora de la eficiencia energética y la ampliación de las energías renovables resultan vitales no solo debido al contexto mundial actual de crecimiento de la demanda de energía y de los precios de la energía, sino también porque se trata de medidas importantes para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La experiencia en la UE27 demuestra que las políticas ambientales y energéticas pueden ser eficaces si se aplican rigurosamente a lo largo del tiempo, pero que es preciso ser más ambiciosos en el futuro próximo para garantizar las reducciones sustanciales del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> necesarias para evitar los efectos irreversibles del cambio climático.

1. Entre 1990 y 2005, la UE27 experimentó una tasa de crecimiento medio del PIB del 2,1%, al tiempo que redujo sus emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía un 3% aproximadamente. Durante el mismo período, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron un 20% en EE.UU. y se duplicaron en China. Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en Rusia disminuyeron un 30% debido a la reestructuración económica.
2. Entre 1990 y 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* en la UE disminuyeron un 6,7%, llegando a ser menos de la mitad que las de EE.UU. y casi un 25% inferiores a las emisiones *per cápita* de Rusia. Las emisiones *per cápita* en China se encuentran ahora un 52% por debajo del nivel de la UE, pero están aumentando rápidamente debido al ritmo de desarrollo económico y al aumento del uso del carbón para la producción de electricidad.
3. Entre 1990 y 2005, la intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de electricidad y calor de suministro público en la UE27 descendió un 18,2%, mientras que en muchas otras partes del mundo, incluida Rusia, sucede lo contrario. En China y EE.UU. se produjo un ligero descenso (0,8% y 2,5%, respectivamente), en parte debido a los cambios en la producción renovable

(menos hidroelectricidad por el descenso de las precipitaciones) que contrarresta las mejoras resultantes de la aplicación, en años recientes y en particular después de 2004, de políticas de eficiencia energética.

4. En la UE27, EE.UU. y China se están aplicando políticas de eficiencia energética y energías renovables, pero los objetivos globales de estas políticas pueden ser diferentes. Por ejemplo, en la UE27 y en EE.UU., la protección del medio ambiente es uno de los objetivos políticos clave, mientras que China necesita hallar un equilibrio entre el enorme aumento de su demanda de energía y las consiguientes consecuencias ambientales (por ejemplo mayor contaminación atmosférica). El refuerzo de la seguridad del suministro energético constituye un motor en todas las zonas.

Todos los países están realizando esfuerzos (y se espera que continúen) para impulsar las energías renovables. Según el escenario de referencia WEM (AIE), en 2030, la electricidad producida en los Estados miembros de la UE27 a partir de las energías renovables podría representar el 18% del total mundial, seguida de China con el 17%, y EE.UU. con una cuota del 12%. Según el escenario alternativo WEM, la electricidad generada por China a partir de fuentes renovables podría representar hasta el 20% del total mundial, seguida de la UE27 con un 16% y EE.UU. con el 11%. La cuota de la UE27 y EE.UU. en el total mundial tiende a la baja porque en este escenario se supone que todos los países han de redoblar esfuerzos para incrementar la cuota de fuentes renovables en su combinación de tipos de energía.

Si miramos el escenario de referencia y el escenario alternativo WEM (sobre la posible evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales totales), es evidente que en la UE27, así como en otros países, como China y EE.UU., sigue siendo imprescindible tomar medidas para reducir la intensidad energética de la economía y desarrollar la energía renovable con más rapidez. Según el escenario de referencia WEM, en 2030, la cuota de China en las emisiones totales de CO<sub>2</sub> a nivel mundial podría situarse en el 27%, superando a EE.UU. y a la UE27, que tendrían una cuota del 16% y del 10%, respectivamente. Incluso teniendo en cuenta unas políticas energéticas y climáticas más rigurosas, la cuota de China en las emisiones mundiales totales de CO<sub>2</sub> seguiría siendo importante (26%), así como la de EE.UU. (18%), seguida por la UE27 (con un 10%). Según el escenario alternativo, se espera que todos los países reduzcan sus emisiones totales de CO<sub>2</sub>, lo que explica por qué la cuota de EE.UU. es más alta y la de la UE27 se mantiene a un nivel constante.

# Introducción

---

## Las cuestiones

El reto del siglo XXI consiste en alcanzar un desarrollo sostenible y mantener la calidad de vida de una población en crecimiento que cada vez es más exigente con respecto a su bienestar. Tras este reto subyace la necesidad de unas fuentes de energía suficientes y sostenibles, que permitan desarrollar una actividad económica capaz de satisfacer las expectativas de esta población.

De acuerdo con el informe World Energy Outlook (Perspectivas energéticas mundiales) (AIE, 2007a) publicado recientemente, si los gobiernos de todo el mundo mantienen sus políticas actuales, en 2030 las necesidades energéticas mundiales serán un 55% superiores a las de 2005, con China e India claramente a la cabeza de esta demanda creciente. Alrededor del 84% del incremento de la demanda de energía primaria procederá de los combustibles fósiles. El uso y la producción de energía, especialmente la procedente de combustibles fósiles, conlleva ciertos **impactos ambientales** tales como la contaminación atmosférica, las emisiones de gases de efecto invernadero y los efectos adversos sobre los ecosistemas.

Dentro del mismo escenario de referencia de la AIE, si no se toman nuevas medidas para reducir la demanda de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía experimentarán un incremento del 49% para 2030 con respecto a los niveles de 2005, y todas las regiones tendrán que enfrentarse a **precios de la energía más altos** a medio y a largo plazo. Además, el riesgo para la **seguridad energética** será mayor debido a que la UE dependerá cada vez más de la importación de combustibles fósiles procedentes de un reducido número de países con fuertes reservas (actuales) de petróleo y gas, principalmente los países de Oriente Medio miembros de la OPEP y la Federación de Rusia.

Paradójicamente, de acuerdo con el informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007), el aumento máximo de la temperatura media mundial no debe superar los 2 °C (el objetivo de la UE) para evitar que se produzcan impactos significativos a causa del cambio climático. Para ello, será necesario que las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> alcancen su nivel máximo antes de 2015, para reducirse después hacia 2050 entre 50% y 85% con respecto al año 2000.

Habrà que reducir las emisiones en todos los sectores económicos. La necesidad de reducir las emisiones de

CO<sub>2</sub> se detectó paralelamente a las previsiones de un crecimiento en la demanda de energía, la subida de los precios de la energía y el aumento de los riesgos para la seguridad energética, todo lo cual contribuyó a que en Europa se empezasen a tomar medidas al respecto. La UE puso en marcha una serie de iniciativas destinadas a revisar sus demandas energéticas y pretende liderar la transición global hacia una economía basada en un bajo nivel de emisiones de carbono.

Considerando los tres objetivos principales de la política energética de la UE (seguridad del suministro, competitividad y sostenibilidad ambiental) la Comisión propuso, el 10 de enero de 2007, un paquete de medidas integradas sobre la energía y el cambio climático (CE, 2007a). El 9 de marzo de 2007, el Consejo aprobó dicho paquete y acordó el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 20% para 2020 (o un 30% en el supuesto de que otros países desarrollados se sumasen a un acuerdo global sobre cambio climático después de 2012). El paquete incluye también objetivos de obligado cumplimiento destinados a aumentar la contribución de la UE en materia de energías renovables al 20% del consumo de energía final, con un objetivo vinculante del 10% para las energías renovables en el sector del transporte (siempre que este objetivo se alcance de forma sostenible). También establece el objetivo de incrementar la eficiencia energética en un 20% con respecto a un escenario de referencia basado en las políticas y medidas actuales y para el cual se ha tomado el año 2005 como año de referencia. El 23 de enero de 2008, la Comisión propuso una serie de medidas legislativas para aplicar dicho paquete (CE, 2008a).

El aumento de la **eficiencia energética** constituye un factor clave para alcanzar simultáneamente la seguridad energética y ambiental, así como los objetivos de competitividad. Dentro del paquete de medidas sobre la energía y el cambio climático, la Comisión publicó una primera valoración de los Planes Nacionales de Acción para la Eficiencia Energética (PNAEE) (CE, 2008b) en los cuales se observan algunas tendencias positivas. Varios Estados miembros tienen objetivos más exigentes que los requeridos a tenor de la Directiva sobre servicios energéticos (CE, 2006f), mientras que otros han introducido una serie de objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector público. Sin embargo, mientras que se espera obtener importantes ahorros energéticos gracias a las medidas actuales, se pone mucho menos énfasis en las soluciones innovadoras. Muchos países han de encarar importantes retos a la hora de

abordar determinadas cuestiones como el transporte y la ordenación territorial. En términos generales, parece que existe una importante diferencia entre los objetivos planteados y los compromisos reales, como queda reflejado en las medidas actuales y los recursos asignados. Una de las áreas clave que presenta el mayor potencial económico de reducción es el **consumo de energía** de los edificios, como ha señalado el IPCC en su informe de 2007 (IPCC, 2007).

La mejora de las **energías renovables** constituye otro de los factores clave para alcanzar el doble objetivo de seguridad del abastecimiento y reducción de las emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos. Además, se espera que un mercado más desarrollado de tecnologías de energías renovables comporte una serie de beneficios económicos y sociales, entre ellos oportunidades de desarrollo regional y local, aumento de las exportaciones, cohesión social y empleo. El mercado global de las ecoindustrias (incluidas las tecnologías de energías renovables) mueve alrededor de 600.000 millones de euros al año, y la UE posee actualmente alrededor de un tercio de dicho mercado (Comisión Europea, 2007), el cual es previsible que experimente un crecimiento sustancial en el futuro.

Si se aplican por separado, los tres objetivos principales (reducción de las emisiones de GEI, energías renovables y eficiencia energética) no alcanzarán a provocar los cambios necesarios ni a orientar el sistema energético europeo hacia el uso de tecnologías energéticas más limpias y sostenibles, garantizando al mismo tiempo un suministro energético competitivo y seguro. Sin embargo, si se contemplan conjuntamente, los sistemas basados en fuentes de energía renovable (SER) y las medidas para reducir las emisiones de GEI, es probable que se propicien cambios tecnológicos importantes. La eficiencia energética es, potencialmente, la opción más significativa para reducir la dependencia europea de las importaciones de energía. También desempeñará una función clave a la hora de ayudar a los Estados miembros a cumplir sus objetivos de SER y emisiones de GEI y a mantener los servicios energéticos (es decir, calefacción, refrigeración y electricidad) a niveles asequibles.

La mejora de la eficiencia energética es, a menudo, otra política rentable. Como resultado del triple reto al que nos enfrentamos hoy en día (*cambio climático, seguridad energética y aumento de los precios de la energía*) es vital efectuar una **evaluación sistemática del auténtico coste real del suministro energético**, que incluya los costes externos, incluidos los daños al medio ambiente y a la salud humana. Desde el punto de vista del suministro energético, las decisiones de inversión deben basarse en el coste real de cada opción energética. Desde el punto de vista de la demanda, las políticas energéticas deberán promover un cambio en las costumbres de los consumidores, encaminado a reducir al mínimo los costes impuestos a la sociedad en su conjunto. Sin embargo, la internalización de los costes ambientales — por

ejemplo, a través de los impuestos sobre el carbono o del establecimiento de un precio para el CO<sub>2</sub> en el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE)— en el coste de la generación de energía tiende a elevar los precios para el consumidor final. Para garantizar que los **servicios energéticos sigan siendo asequibles**, obteniendo al mismo tiempo beneficios sociales y ambientales (p. ej., reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>) es **necesario aplicar medidas de eficiencia en el uso final de la energía**, a fin de reducir la demanda global de la misma.

### Alcance y objetivos del informe sobre energía y medio ambiente

El presente informe analiza los factores fundamentales relacionados con la producción y el consumo de energía, así como las presiones y ciertos impactos ambientales que una y otro ejercen, teniendo en cuenta los principales objetivos de la política europea en materia de energía y medio ambiente: seguridad del suministro, competitividad y sostenibilidad ambiental.

El paquete de medidas sobre la energía y el clima propuesto por la Comisión Europea para la energía y el cambio climático constituye un hito en el proceso de integración de la política energética y ambiental en Europa. Vistos los retos que hay que afrontar, a los efectos del presente informe es importante mostrar escenarios futuros de producción y consumo energéticos, ya que las consecuencias ambientales variarán en función de las rutas que se adopten en relación con la energía. Por ello, los escenarios que se contemplan en este informe son los descritos en los modelos POLES, WEM y PRIMES. La estructura sigue el marco conceptual de fuerzas motrices, presiones, estado, impacto y respuestas (FPEIR) utilizado en los informes que abordan cuestiones ambientales, cada uno de cuyos componentes fundamentales se identifica en la figura 0.1.

Este informe aborda seis cuestiones fundamentales.

- Capítulo 1: ¿Cuál es el impacto del uso y la producción de energía sobre el medio ambiente?
- Capítulo 2: ¿Qué tendencias se observan en Europa con respecto a la combinación de fuentes de energía y cuáles son las consecuencias ambientales que se derivan de ello?
- Capítulo 3: ¿Con qué rapidez se están aplicando las tecnologías de energías renovables?
- Capítulo 4: ¿Aumenta la eficiencia del sistema europeo de producción de energía?
- Capítulo 5: ¿Quedan reflejados adecuadamente los costes ambientales en el precio de la energía?
- Capítulo 6: ¿Cuáles son las tendencias en el consumo energético de los hogares y qué políticas

existen para aumentar la eficiencia energética?

Capítulo 7: Tendencias de la UE en comparación con con otras regiones.

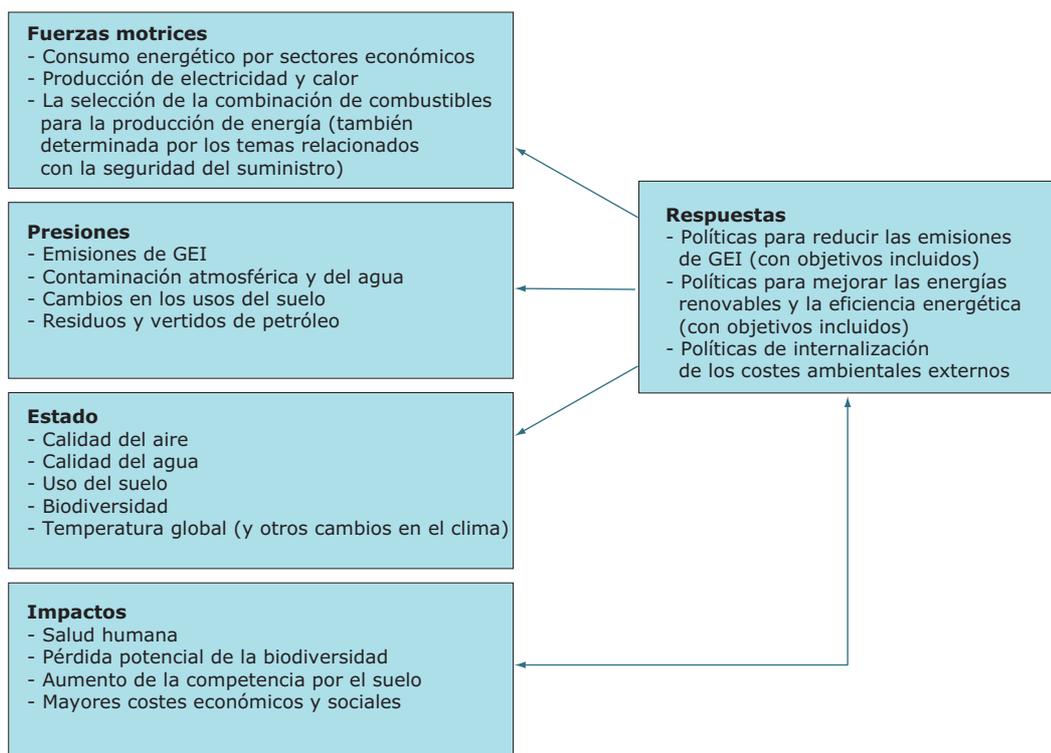
La AEMA dispone de un conjunto de indicadores sobre energía y medio ambiente y un conjunto básico de indicadores (indicadores CSI) que se utilizan en este informe para respaldar el análisis. No obstante, para reforzarlo, sobre todo en lo que respecta a la energía renovable, la eficiencia energética, la seguridad del suministro y la asequibilidad de la energía, se han creado unos indicadores nuevos y se han mejorado algunos de los existentes. Por ejemplo, se utilizan indicadores nuevos para el seguimiento de la cuota de la energía renovable en el consumo de energía final, la dependencia de las importaciones de energía, la eficiencia energética de los procesos de transformación y la evolución de la eficiencia energética en los hogares.

Se incluye un capítulo final en el que se describen las tendencias en la UE frente a las de otros países.

No obstante, existen una serie de temas que no se tratan en este informe debido a que se presentarán y comentarán mucho más detalladamente en otros informes de la AEMA<sup>(3)</sup>. Dichos temas son los siguientes:

- *Transporte y medio ambiente («TERM»);*
- *Tendencias y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (análisis de los avances en el cumplimiento de los objetivos de Kioto);*
- *Informe de evaluación sobre el agua y la biodiversidad basado en indicadores.*

**Figura 0.1 El marco conceptual FPEIR aplicado a las cuestiones relacionadas con la energía y el medio ambiente**



<sup>(3)</sup> Véase [http://reports.eea.europa.eu/index\\_table?sort=Thematically](http://reports.eea.europa.eu/index_table?sort=Thematically) para más información.

# 1. ¿Cuál es el impacto del uso y la producción de energía sobre el medio ambiente?

## Mensajes principales

La producción y el consumo de energía ejercen presiones de muy diversa índole sobre el medio ambiente natural y la salud pública, algunas de las cuales han disminuido. Entre las tendencias clave observadas en Europa cabe señalar las siguientes:

1. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía, que representan el 80% del total de las emisiones, siguen predominando, con el sector de producción de electricidad y calor a la cabeza, seguido del transporte.
2. Entre 1990 y 2005, las emisiones de GEI relacionadas con la energía en la UE27 descendieron un 4,4%, si bien una parte importante de este descenso se produjo a principios del decenio de los noventa debido a los cambios estructurales que tuvieron lugar en las economías de los Estados miembros de la UE12<sup>(4)</sup>. La intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las centrales térmicas convencionales de suministro público de la UE27 disminuyó un 27% debido a las mejoras en la eficiencia y a la sustitución del carbón por gas en el sector eléctrico.
3. Entre 1990 y 2005, en la UE27 se registró un descenso de las emisiones de sustancias acidificantes, precursores del ozono troposférico y partículas relacionadas con la energía del 59%, 45% y 53% respectivamente, debido sobre todo a la introducción de tecnologías de reducción en las centrales eléctricas y al uso de catalizadores en el transporte por carretera. Las mejoras experimentadas en la reducción de los contaminantes atmosféricos (p. ej., SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>) muestran ahora una tendencia decreciente debido al uso cada vez mayor del carbón en la generación de electricidad y calor.
4. La cantidad anual de combustible gastado procedente de las centrales nucleares disminuyó un 5% en el período 1990–2006, a pesar del incremento del 20% registrado en la producción de electricidad. Sin embargo, los residuos de alta actividad siguen acumulándose y, de hecho, en 2006 se superaron las 30.000 toneladas de metales pesados. En estos momentos no existen instalaciones comerciales disponibles para el almacenamiento permanente de este tipo de residuos.

Otras presiones relacionadas con la energía son:

- (a) Las emisiones del ciclo de vida de los GEI procedentes de la producción de electricidad varían considerablemente en función de las distintas fuentes de energía. La producción de electricidad a partir de carbón y gas genera el mayor nivel de emisiones, estimándose, en el año 2000, en aproximadamente 1.000 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh en el caso del carbón y 500 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh en el caso del gas. Las emisiones procedentes de fuentes renovables (como la solar fotovoltaica, la eólica y la procedente de centrales hidroeléctricas pequeñas) son inferiores, oscilando entre los 38 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh el de la solar térmica y los 166 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh el de la eólica. Se calcula que las emisiones de GEI generadas en la producción de electricidad a partir de la biomasa leñosa pueden oscilar entre – 1.600 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh y + 200 g eq. CO<sub>2</sub>/kWh, dependiendo del tipo de materias primas, la tecnología de combustión utilizada y la aplicación o no de métodos de cogeneración de electricidad y calor (CEC).
- (b) Desde el decenio de los noventa, y a pesar del aumento de la producción, se ha registrado un descenso en el vertido de petróleo procedente de las instalaciones.
- (c) También han disminuido, desde 1990, los vertidos accidentales desde buques petroleros.

Los escenarios de referencia mostrados en los modelos POLES, WEM y PRIMES indican que es previsible que el consumo de energía primaria aumente entre 10 - 26% para 2030 con respecto a 2005, con una elevada cuota de los combustibles fósiles en todos los casos. Si esto es así, también cabe esperar un aumento de las presiones ambientales derivadas de la producción y el consumo de energía en el futuro. La ralentización del incremento absoluto del consumo de energía primaria solo será posible en aquellos escenarios en los que se apliquen políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático y aún así, dicho consumo solo comenzará a disminuir entre 2020 y 2030, debido principalmente a una mejora en la eficiencia energética. En estos escenarios se mantendrá la tendencia positiva a la baja de las presiones ambientales asociadas al consumo y la producción de energía, debido, en gran medida, a la importante reducción de la demanda de energía

(4) Estados miembros que se adhirieron a la Unión a partir de 2004: Bulgaria, Chipre, República Checa, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Rumanía, Eslovaquia y Eslovenia.

primaria y al aumento del ritmo de penetración de las energías renovables. Por ejemplo, para 2030 las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden reducirse entre un 20% y un 30% (con respecto a las de 2005).

A largo plazo, también es importante considerar el posible impacto del cambio climático sobre la producción y el consumo de energía.

- El cambio climático modificará los patrones de demanda de energía. En Europa meridional y en la región mediterránea se incrementará el consumo de electricidad debido al aumento previsto de las temperaturas y al correspondiente aumento de la demanda de refrigeración. En Europa septentrional, la demanda de energía de calefacción será menor, pero el efecto neto en toda Europa es difícil de predecir.
- El cambio climático afectará a la producción de energía. A causa de las variaciones previstas en la escorrentía fluvial, la producción de energía hidroeléctrica aumentará en el norte de Europa y disminuirá en el sur. Además, se prevé que las sequías estivales sean más intensas en el conjunto de Europa, lo que limitará la disponibilidad de agua de refrigeración y, por tanto, reducirá la eficiencia de las centrales térmicas.
- Ambos impactos pueden provocar una serie de alteraciones en las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero procedentes del sector energético que, no obstante resultan difíciles de estimar.

### Recuadro 1.1. Tecnologías de reducción

#### Contaminación atmosférica

Las tecnologías de reducción pueden utilizarse para reducir o eliminar los contaminantes atmosféricos tales como partículas, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, malos olores y otros contaminantes de los gases de combustión y de escape. Las emisiones de SO<sub>2</sub> pueden reducirse mediante sistemas de desulfuración de los gases de combustión. El método más extendido es la utilización de «lavadores húmedos» cuya eficacia que puede alcanzar el 99%. Los precipitadores electrostáticos pueden eliminar más del 99% de las partículas de los gases de combustión. Las emisiones de NO<sub>x</sub> pueden reducirse o eliminarse mediante medidas primarias o tecnologías de tratamiento de los gases de combustión. Entre las primeras se encuentran la optimización de quemadores, el escalonamiento del aire, la recirculación de los gases de combustión y los quemadores con bajos niveles de NO<sub>x</sub>. Las medidas primarias de control de NO<sub>x</sub> se consideran ahora parte integrante de cualquier central eléctrica de nueva construcción y las ya existentes se reacondicionan en consecuencia para reducir las emisiones de NO<sub>x</sub>. Los catalizadores que se utilizan en los vehículos constituyen otro ejemplo de reducción de NO<sub>x</sub>. Estas tecnologías serán especialmente importantes en las grandes instalaciones de combustión (> 50 MW) desde la aplicación formal de la Directiva sobre grandes instalaciones de combustión (Directiva GIC) (CE, 2001c).

Las mejoras en la reducción de las emisiones procedentes del transporte por carretera siguen estando regidas por las normas Euro (véase AEMA, 2008a para más información sobre las tendencias en el transporte y el medio ambiente). En lo relativo a los vehículos utilitarios ligeros, el Consejo y el Parlamento ya han acordado las nuevas normas Euro 5 y Euro 6 (CE, 2007b). En estos momentos se está trabajando en la formulación de la legislación correspondiente y la norma Euro 5 entró en vigor en septiembre de 2009. Esta norma está dirigida principalmente a la reducción de las emisiones de partículas de los vehículos de gasóleo desde 25 mg/km a 5 mg/km. Con la norma Euro 6, cuya entrada en vigor está prevista para enero de 2014, se reducirán aún más las emisiones de NO<sub>x</sub> de los vehículos de gasóleo: de 180 mg/km a 80 mg/km. También se están elaborando otras propuestas similares y otra legislación para dar paso a una nueva normativa aplicable a los vehículos utilitarios pesados: la norma Euro 5 (que está vigente desde octubre de 2008) y las nuevas propuestas para la norma Euro 6 (CE, 2007c).

#### Captura y almacenamiento de carbono

Entre las diferentes opciones existentes para reducir de forma significativa las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico y en las industrias más consumidoras de energía, la captura y el almacenamiento de carbono (CAC) puede ser una solución prometedora. Esta tecnología se aplica fundamentalmente en las grandes fuentes estacionarias, como la producción de electricidad o las refinerías de petróleo, que presentan importantes flujos concentrados de emisiones de CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> puede capturarse en diversas etapas del proceso de combustión para luego ser transportado a puntos de almacenamiento.

En el caso de un reducido número de aplicaciones, la captura de CO<sub>2</sub> es un proceso industrial viable desde un punto de vista comercial, pero para extrapolarlo a centrales eléctricas de gran escala y para reducir los costes y las pérdidas de energía asociadas, es necesario realizar mejoras. En el proceso de captura por precombustión, se extrae el CO<sub>2</sub> antes de la combustión, con lo que queda un flujo de combustible rico en hidrógeno. La postcombustión puede aplicarse a las centrales eléctricas existentes, pero es la opción con mayor impacto sobre la eficiencia global de la planta de producción. La captura de CO<sub>2</sub> a través del método denominado de oxicomustión se basa en el uso de oxígeno en vez de aire en el proceso de combustión, lo que origina un flujo más puro de CO<sub>2</sub> y facilita su almacenamiento. Dependiendo del tipo de central eléctrica y del proceso de captura, es posible reducir el 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con respecto a una instalación sin CAC. Sin embargo, las tecnologías de CAC a gran escala requieren considerables cantidades de energía y provocan una pérdida de la eficiencia del proceso que varía entre el 10% y el 40% (IPCC, 2005), lo que conduce a un posible aumento de las presiones ambientales aguas arriba.

**Recuadro 1.1. Tecnologías de reducción (cont.)**

El almacenamiento del CO<sub>2</sub> en repositorios geológicos, como pueden ser yacimientos de gas o de petróleo agotados, acuíferos y lechos de carbón, se considera una opción segura con un impacto ambiental controlable. Sin embargo, es imprescindible establecer y mantener unas condiciones rigurosas en la selección, la explotación y el cierre de estos almacenes geológicos, así como unas disposiciones claras relativas a la vigilancia y la notificación de fugas.

Actualmente, el desarrollo de la CAC se está potenciando mediante iniciativas industriales y políticas. El Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (plan EETE) (CE, 2006b) reconoce la necesidad de proyectos de demostración sobre la CAC, a fin de acelerar la curva de aprendizaje sobre el potencial real de estas tecnologías. En enero de 2008, la CE adoptó una propuesta de Directiva relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono. Con ella se pretende posibilitar un desarrollo ambientalmente seguro de la CAC facilitando un marco legal de cara a la gestión de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, eliminar las barreras existentes en la legislación ambiental actual e introducir disposiciones para asegurar la integridad ambiental a lo largo de toda la vida útil de la instalación (desde la selección hasta el cierre) (CE, 2008e). El CO<sub>2</sub> capturado y almacenado se considerará no emitido con arreglo al RCDE UE, lo cual incentivará a los operadores para almacenar sus emisiones de CO<sub>2</sub> en lugar de liberarlas a la atmósfera. Con este fin, se puede optar por las instalaciones de CAC en la fase II (2008-2012) del RCDE UE, y se incluirán explícitamente en la fase III (2013-2020) del programa. Además, se ha promulgado una Comunicación relativa a la promoción de las instalaciones de demostración. Se espera que la Comisión publique sus recomendaciones sobre la financiación de la CAC para finales de 2008, como parte de una comunicación más extensa sobre la financiación de su Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética propuesto (CE, 2007d).

Actualmente existen varios proyectos de CAC operativos en todo el mundo. El proyecto de mayor envergadura es el de Sleipner, en Noruega, que forma parte de una plataforma marina situada en el mar del Norte y desde 1996 captura 1 Mt de CO<sub>2</sub> al año (Statoil, 2007). El proyecto Weyburn, en el sudeste de Saskatchewan, Canadá, es en estos momentos el mayor proyecto de captura y almacenamiento de carbono del mundo, con una capacidad de aproximadamente 2 millones de toneladas por año (EnCana, 2008). En la tabla siguiente se ofrece un resumen de la capacidad global total de almacenamiento de los principales depósitos geológicos, según cálculos del Greenhouse Gas R&D Programme de la AIE (2008), basados en unos costes de inyección de hasta 20 USD (dólares EE.UU) por tonelada de CO<sub>2</sub> almacenada. La evaluación de impacto de la CAC realizada por la Comisión (CE, 2008i) contiene las estimaciones de almacenamiento para cada Estado miembro. Los cálculos se realizaron a partir de los datos de los proyectos Gestco, Castor y Geocapacity y de la capacidad de producción eléctrica del modelo Primes. Se calculó una capacidad de inyección de 0,5 Gt de CO<sub>2</sub> en 2030 (en el escenario más favorable respecto a la adopción de la CAC<sup>(5)</sup>). En 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en Europa oscilaron en torno a 4 Gt de CO<sub>2</sub>. Las cifras calculadas en la evaluación de impacto de la CAC no son directamente equiparables a la capacidad global calculada por la AIE y que se resume en la tabla.

Actualmente se están construyendo varias plantas piloto en todo el mundo. En abril de 2008, se inauguró oficialmente la planta piloto de postcombustión de TNO-CATO, en la central de carbón de la compañía E.ON en Maasvlakte (TNO-CATO, 2008). Esta instalación piloto multifuncional utiliza el sistema de captura postcombustión. La planta piloto desvía los gases de combustión de la central eléctrica, tras lo cual una disolución acuosa de aminas absorbe el 90% del CO<sub>2</sub> presente en los mismos. Posteriormente se calienta la mezcla química para regenerar el disolvente y extraer el CO<sub>2</sub> puro. Esta tecnología de captura es la más avanzada en estos momentos, y ofrece la ventaja de que es fácilmente adaptable al amplio abanico de centrales eléctricas que existen hoy en día. La captura por postcombustión es la única solución viable para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en las centrales eléctricas existentes. Otros métodos, como la captura por precombustión, solo pueden aplicarse a las nuevas centrales eléctricas y, por consiguiente, solo constituyen una solución parcial. Sin embargo, de cara al futuro, aún no se sabe cuáles con certeza cuáles serán las opciones que resultarán más viables a largo plazo. Por ejemplo, Vattenfall está dedicando un gran esfuerzo al proceso de oxicomustión (con una nueva instalación de demostración de 30 MW inaugurada en septiembre de 2008) mientras sigue trabajando en proyectos de demostración de postcombustión a gran escala (Vattenfall, 2008).

Opción de almacenamiento	Capacidad total mundial Gt CO <sub>2</sub>
Yacimientos de gas y de petróleo agotados	920
Acuíferos salinos profundos	400–10.000
Las vetas carboníferas no explotables	> 15
Emisiones mundiales de CO <sub>2</sub> relacionadas con la energía en 2005 = 27 Gt CO <sub>2</sub>	

Fuente: GHGR&D del OIE (OIE, 2008).

(5) El escenario al que se hace referencia corresponde a la Opción 2, variante 2d, que asume que a partir de 2020, además de favorecer la CAC con arreglo al RCDE, se establecerá un requisito obligatorio que exigirá la CAC en las nuevas centrales alimentadas por gas y carbón, y que las centrales existentes se reacondicionarán entre 2015 y 2020. En estos momentos, el paquete de medidas sobre energía y cambio climático no contempla la introducción de dicho requisito.

### 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero

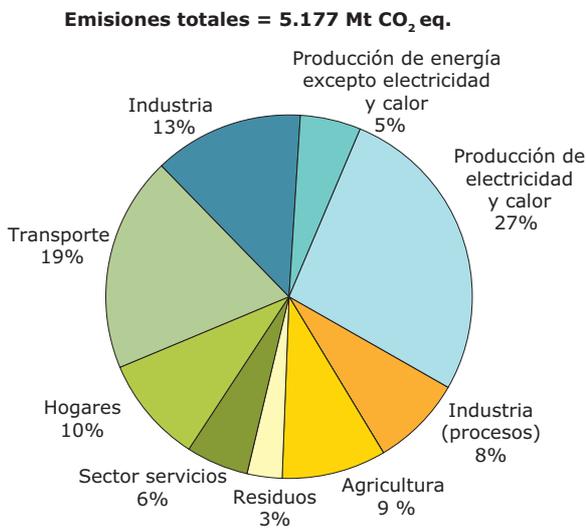
En 2005, las emisiones totales de GEI en la UE27 alcanzaron las 5.177 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, distribuidas entre: 82,5% de CO<sub>2</sub>, 8,1% de CH<sub>4</sub>, 8,0% de N<sub>2</sub>O y el 1,4% restante de gases fluorados. Las emisiones relacionadas con la energía continúan predominando, y representan aproximadamente el 80% del total (véase la figura 1.1), siendo el principal sector emisor el de la producción de electricidad y calor, seguido del transporte (véase también AEMA 2007a,

para una información más detallada sobre las emisiones de GEI en la UE27).

Los sectores que muestran el mayor descenso en la emisión de GEI son la industria y los no relacionados con la energía (p. ej., procesos industriales) (véase la figura 1.2). Sin embargo, durante el mismo período se experimentó un importante incremento en las emisiones procedentes del transporte en la UE27 debido al continuo aumento de la demanda de transporte por carretera, lo que contrarrestó en gran medida el descenso en los otros sectores (véase AEMA, 2008a para más información sobre transporte y medio ambiente en la UE).

Entre 1990 y 2005, las emisiones relacionadas con la energía descendieron un 4,4%. El menor uso de carbón y lignito y el mayor uso de gas natural, que emite menos carbono, también contribuyó a una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de electricidad y calor generada en la producción de electricidad de suministro público (véase la figura 1.4). Por todo ello, durante el período entre 1990 y 2005 las emisiones específicas de GEI por unidad de consumo energético disminuyeron en la mayor parte de los Estados miembros. No obstante, el rápido

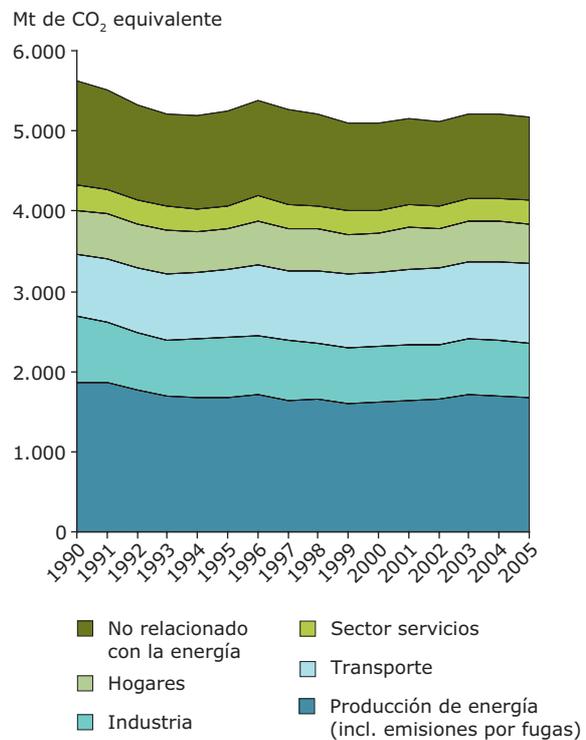
**Figura 1.1 Estructura de las emisiones totales de gases de efecto invernadero por sector en la UE27, año 2005**



**Nota:** (i) Las emisiones de gases de efecto invernadero son las que se contemplan en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y tres gases fluorados, hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). (ii) Las emisiones de gases de efecto invernadero se han calculado en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente utilizando los siguientes potenciales de calentamiento global (PCG) especificados en el Protocolo de Kioto: 1 t CH<sub>4</sub> = 21 t CO<sub>2</sub> eq.; 1 t N<sub>2</sub>O = 310 t CO<sub>2</sub> eq.; 1 t SF<sub>6</sub> = 23.900 t CO<sub>2</sub> eq. El PCG de los HFC y PFC varía considerablemente en función del gas y las emisiones ya se presentan en t CO<sub>2</sub> eq. (iii) Las emisiones procedentes del transporte aéreo y marítimo internacional no se han incluido en las emisiones nacionales totales, aunque se notifican por separado al CMCC. Por esta razón, no están incluidas en el gráfico. (iv) El sector energético comprende la producción de electricidad y calor de suministro público, las refinerías y la producción de combustibles sólidos. Las emisiones por fugas relacionadas con la energía incluyen la emisión de gases en las actividades de prospección, producción, transformación, transmisión, almacenamiento y consumo de combustibles. La gran mayoría de las emisiones por fugas relacionadas con la energía se deben a actividades del sector energético. Solo un pequeño porcentaje de las emisiones por fugas relacionadas con la energía se deben a actividades del sector del transporte. Por tanto, todas las emisiones por fugas relacionadas con la energía se han atribuido al sector energético. (v) El «sector servicios» también incluye emisiones procedentes de actividades militares y las relacionadas con la energía procedente de la agricultura.

**Fuente:** AEMA, 2007a, según el informe por países enviado al CMCC y de acuerdo con la Decisión relativa a un mecanismo de seguimiento de las emisiones de GEI en la Comunidad.

**Figura 1.2 Tendencias de las emisiones de gases de efecto invernadero por sectores entre 1990-2005, UE27**



**Nota:** Véase la figura 1.1.  
**Fuente:** AEMA, 2007a, según el informe por países enviado a la CMCC y de acuerdo con la Decisión relativa a un mecanismo de seguimiento de las emisiones de GEI en la Comunidad.

crecimiento de la demanda global de electricidad contrarresta algunas de estas mejoras. A partir de 1999, las emisiones de GEI comenzaron a crecer de nuevo, observándose algunas fluctuaciones en el período 2004-2005.

La reducción de las emisiones relacionadas con la energía fue mucho menor que la observada en el caso de las emisiones no relacionadas con la energía en la agricultura, los residuos y otros sectores. En dichos sectores se experimentó un descenso notable de las emisiones (el 19,6% en la UE27) debido a la mejora en la gestión de residuos y a la reducción de las emisiones en los procesos industriales (así como a la reestructuración general llevada a cabo en la industria pesada, especialmente en la UE12) y la agricultura. Mientras que las emisiones de GEI procedentes de los sectores de producción de energía, servicios e industria disminuyeron entre 1990 y 2005, las emisiones derivadas del transporte en la UE27 aumentaron un 26,0% en el mismo período, contrarrestando parte de las reducciones obtenidas en otros sectores.

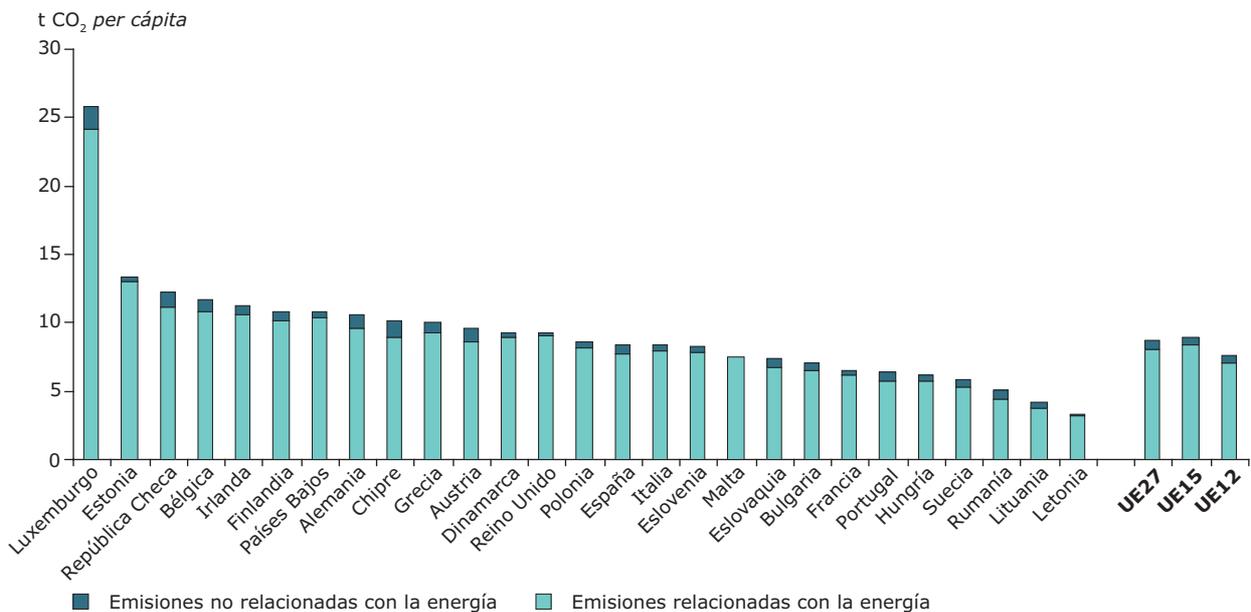
Las principales emisiones *per cápita* en todos los Estados miembros siguen siendo las relacionadas con la energía (véase la figura 1.3). Las emisiones totales *per cápita* de Luxemburgo son casi el doble que las de Estonia y seis veces mayores que las de Letonia, en el otro extremo del espectro. El alto nivel de emisiones *per cápita* en Luxemburgo guarda relación con el hecho de tratarse de un país con una población pequeña y un PIB elevado. Sin embargo, está provocado principalmente por el gran número de ventas transfronterizas de

combustibles para el transporte (debido a la diferencia de impuestos con los países vecinos), estando las emisiones asignadas al punto de venta (AEMA, 2000).

Las emisiones medias en la UE15 son aproximadamente un 17,5% más altas que en la UE12, y la evolución de las emisiones *per cápita* viene motivada por una serie de tendencias contrapuestas: mayor nivel de riqueza (con la correspondiente tendencia al aumento de la demanda de energía global), mayor eficiencia energética, diferencias climáticas y diferencias en la estructura del sistema de suministro de energía.

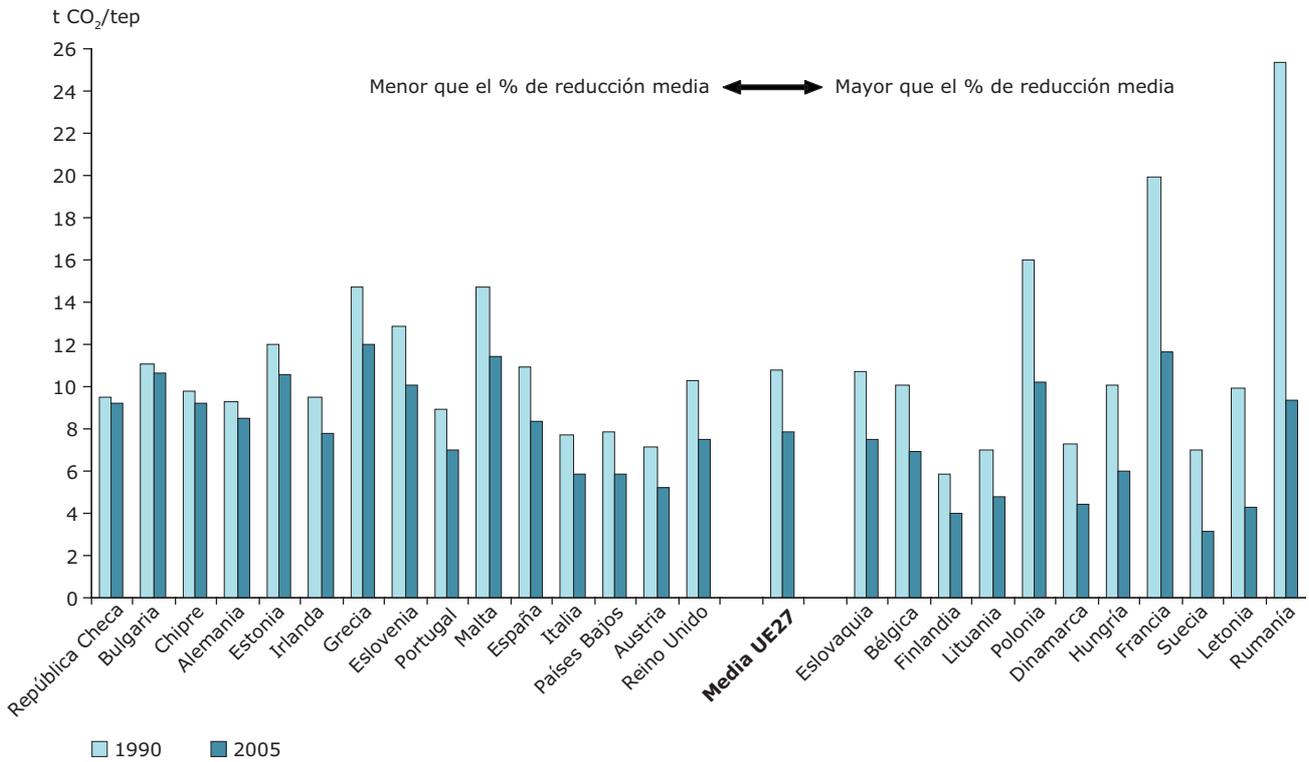
La intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las centrales térmicas convencionales de suministro público en la UE27 disminuyó un 27% entre 1990 y 2005 debido a las mejoras introducidas en todos los Estados miembros. Sin embargo, el incremento de los precios del gas experimentado hacia el final del período hizo que aumentara el uso de las centrales de carbón en algunos Estados miembros, por lo que la intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> ha cambiado relativamente poco desde 2001. Letonia, Rumanía y Suecia registraron la mayor reducción de la intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub>, en términos porcentuales, en la UE27, con un descenso anual medio de 5,5%, 6,4% y 5,2%, respectivamente. Estas reducciones se debieron principalmente al importante descenso registrado en el uso de fuelóleo en Rumanía (que fue sustituido por gas y por carbón) mientras que en Letonia el mayor nivel de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se debió al aumento del uso del gas para la producción de electricidad, a expensas del carbón, el lignito y el petróleo. Suecia

**Figura 1.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por países (divididas en emisiones relacionadas y no relacionadas con la energía), 2005**



Fuente: AEMA; Eurostat.

**Figura 1.4 Intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las centrales térmicas convencionales para suministro público**



**Nota:** La intensidad de las emisiones se calcula a partir de la cantidad de contaminantes generados (en toneladas) en la producción de electricidad y calor para suministro público, dividida por la producción de electricidad y calor (en tep) de dichas centrales.

**Fuente:** AEMA; Eurostat.

registró la menor intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> en 2005, debido principalmente a su porcentaje insignificante de uso de carbón y lignito en las centrales térmicas convencionales de suministro público.

### 1.2 Contaminación atmosférica

La producción y el consumo de energía<sup>(6)</sup> son responsables de aproximadamente el 55% de las emisiones de sustancias acidificantes, el 76% de las emisiones de precursores del ozono troposférico y alrededor del 67% de las emisiones de partículas (primarias) en la UE27 (véase la figura 1.5). Las emisiones relacionadas con la energía derivadas del transporte y la producción energética suponen la mitad de las emisiones totales, siendo el sector del transporte especialmente dominante en lo que respecta a los precursores del ozono (debido a las emisiones de NO<sub>x</sub>). Éstas han ido disminuyendo de forma constante desde 1990 debido al uso de catalizadores. También ha

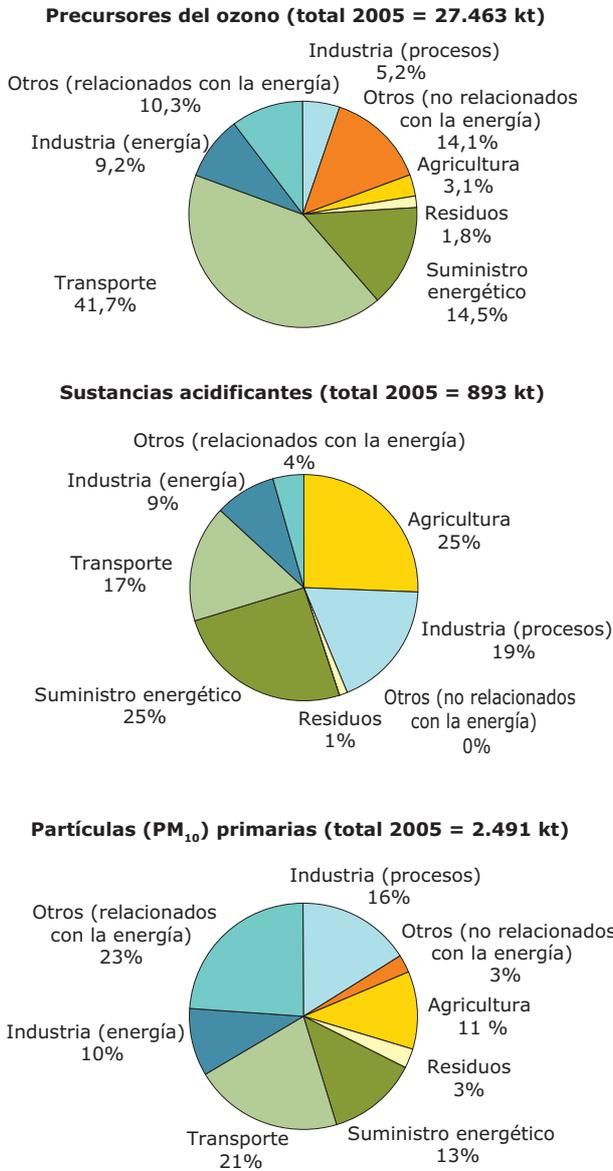
contribuido la agricultura, con un 25% de las emisiones de sustancias acidificantes aproximadamente debido, en parte, a las emisiones de amoníaco.

Entre 1990 y 2005, las emisiones relacionadas con la energía de sustancias acidificantes, precursores del ozono troposférico y partículas experimentaron un descenso de 59%, 45% y 53%, respectivamente (véase la figura 1.6).

Esta reducción ha sido el resultado del aumento de la aplicación y la eficacia de las tecnologías de reducción, la mejora de la eficiencia y la sustitución de combustibles. Por ejemplo, la introducción de tecnologías de desulfuración de los gases de combustión y el uso de quemadores con bajos niveles de NO<sub>x</sub> en la producción de electricidad, fomentados por la Directiva sobre grandes instalaciones de combustión (CE, 2001c) y el uso de las mejores técnicas disponibles que exige la Directiva relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación

<sup>(6)</sup> La contribución de la producción y el consumo de energía incluye los siguientes sectores: transporte, suministro energético, industria (energía) y otros (relacionados con la energía).

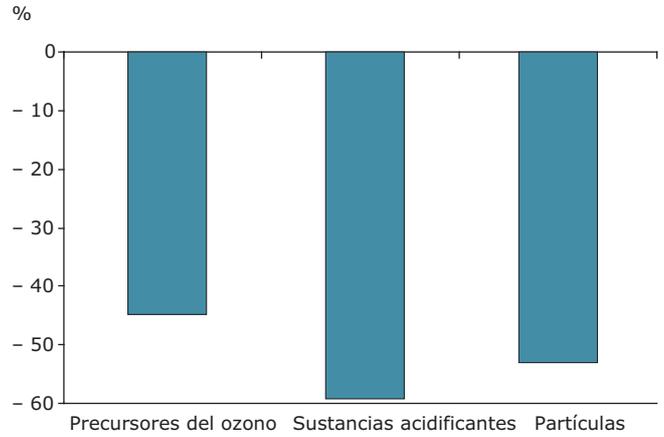
**Figura 1.5 Emisiones de contaminantes atmosféricos por sectores en 2005, UE27**



**Nota:** El gráfico muestra las emisiones de los siguientes precursores del ozono: metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), cada uno de ellos ponderado por un factor antes de su agregación para representar sus respectivos potenciales de formación del ozono troposférico (PFOT). Dichos PFOT son los siguientes: NO<sub>x</sub> = 1,22; COVNM = 1; CO = 0,11; CH<sub>4</sub> = 0,014 (de Leeuw, 2002). Los resultados se expresan en kilotoneladas (kt) de COVNM equivalentes. Datos no disponibles: de Islandia (no se han facilitado las emisiones de CO, COVNM y NO<sub>x</sub>) y Malta (CO). La figura también muestra las emisiones de los siguientes contaminantes acidificantes: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>), cada uno de ellos ponderado por un factor de equivalencia ácida antes de su agregación para representar sus respectivos potenciales de acidificación. Los factores de equivalencia ácida vienen dados por: w(SO<sub>2</sub>) = 2/64 ácido eq./g = 31,25 ácido eq./kg; w(NO<sub>x</sub>) = 1/46 ácido eq./g = 21,74 ácido eq./kg, y w(NH<sub>3</sub>) = 1/17 ácido eq./g = 58,82 ácido eq./kg. El gráfico muestra las emisiones de partículas PM<sub>10</sub> primarias (partículas con un diámetro máximo de 10 µm directamente emitidas a la atmósfera).

Fuente: AEMA.

**Figura 1.6 Cambios globales en las emisiones relacionadas con la energía, por grupos principales de contaminantes atmosféricos en la UE27, 1990-2005.**



**Nota:** Igual que en la figura 1.5. Sin embargo, el cambio en las partículas incluye las emisiones de contaminantes formadores de partículas primarias y secundarias: la fracción de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) que, como resultado de reacciones fotoquímicas en la atmósfera, se transforman en partículas con un diámetro máximo de 10 µm. Las emisiones de sustancias precursoras de partículas secundarias están ponderadas por un factor de formación de partículas antes de su agregación: PM<sub>10</sub> primarias = 1; SO<sub>2</sub> = 0,54; NO<sub>x</sub> = 0,88, y NH<sub>3</sub> = 0,64 (de Leeuw, 2002).

Fuente: AEMA.

(CE, 1996). Además del uso de tecnologías de reducción, en el sector de la producción de electricidad se han registrado importantes reducciones de las emisiones gracias a una combinación de factores, a saber: la sustitución de combustibles (de carbón y petróleo a gas natural), el cierre de centrales de carbón antiguas e ineficientes y la mejora general en la tecnología de producción energética, en especial gracias al uso de turbinas de gas de ciclo combinado (TGCC) (para más información, véase AEMA, 2008b)

No obstante, la rápida reducción de la intensidad de las emisiones procedentes de la generación de electricidad que se observó en el decenio de los noventa se ha ralentizado en los últimos años en el caso de algunos contaminantes atmosféricos (como SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), debido al continuo crecimiento del consumo eléctrico global y al aumento del uso de carbón para generar electricidad observado a partir de 1999.

En el sector del transporte, la introducción de catalizadores ha contribuido de un modo importante a la reducción de las emisiones. Esto se ha visto complementado por las medidas legislativas de la UE destinadas a mejorar la calidad de la gasolina y el gasóleo, tales como la reducción del contenido en azufre de estos combustibles.

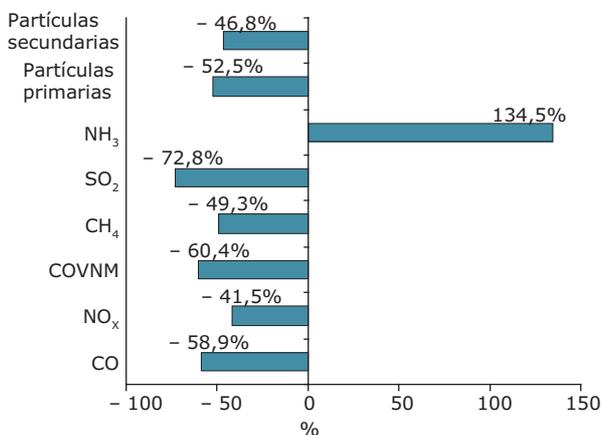
A pesar de la reducción en las emisiones de contaminantes atmosféricos, la calidad del aire en las ciudades continúa a menudo superando los valores límite establecidos para proteger la salud pública, especialmente en las calles y otros puntos de alarma urbanos (AEMA, 2006). Incluso aunque la situación haya mejorado, la acidificación, la eutrofización y los elevados niveles de ozono siguen teniendo efectos negativos sobre muchos ecosistemas. La «Estrategia temática sobre la contaminación atmosférica» aboga por mayores reducciones de las emisiones de contaminantes atmosféricos para 2020, a fin de lograr los objetivos de calidad del aire a largo plazo (CE, 2005a).

Se espera que las emisiones de los mayores contaminantes atmosféricos sigan disminuyendo en la UE27 en el futuro (IIASA, 2007a), en especial las procedentes de las fuentes de emisión tradicionalmente dominantes (p. ej., el transporte por carretera y la producción de energía). De este modo, es previsible que otros sectores para los cuales la legislación actual es menos rigurosa se conviertan en fuentes de emisiones significativas en el futuro (p. ej., las emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> derivadas de las actividades marítimas). La Comisión está considerando la adopción de medidas políticas y normativas sobre emisiones más restrictivas para complementar las establecidas por la Organización Marítima Internacional (IIASA, 2007b). En la Directiva sobre techos nacionales de emisión se establecieron límites de emisiones (relacionadas o no con la energía) para el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles no metánicos para 2010 (CE, 2001a). Además, en abril de 2008 se adoptó una nueva directiva relativa a la calidad del aire ambiente y a un aire más limpio en Europa.

Este nuevo documento agrupa cuatro directivas previas y una decisión del Consejo bajo una única directiva que introduce normas sobre calidad del aire en la Unión Europea relativas a la contaminación por partículas finas (PM<sub>2,5</sub>).

La intensidad de la mayoría de las emisiones de contaminantes atmosféricos relacionadas con la energía (es decir, kg de emisiones por tonelada equivalente de petróleo de energía consumida) experimentó un importante descenso en el período 1990-2005. Más concretamente, se produjo una caída significativa de la intensidad de las emisiones de monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Un factor clave para el descenso en la intensidad del CO y los COVNM es la introducción de catalizadores en los coches y el aumento de los coches de gasóleo en los parques de vehículos. La disminución de la intensidad del SO<sub>2</sub> se produjo principalmente en el sector de la generación de electricidad debido a la introducción de tecnologías de reducción de emisiones y a la sustitución de combustibles de alto contenido en azufre (como el carbón y el gasóleo pesado) por gas natural, junto con el uso de carbón con menor contenido en azufre. El aumento de la intensidad de las emisiones de NH<sub>3</sub> se debe, en parte, al mayor uso de sistemas de RCS (reducción catalítica selectiva) en la producción de electricidad para reducir las emisiones de NO<sub>x</sub>. La RCS utiliza diversos compuestos de amoníaco como agentes reductores, pero si las temperaturas del catalizador no son las óptimas para la reducción, o si se inyecta un exceso de amoníaco en el proceso, se puede producir una emisión de amoníaco (conocido como amoníaco no reaccionado).

**Figura 1.7 Cambios en la intensidad de las emisiones de contaminantes atmosféricos (por tep) relacionadas con la energía en la UE27, durante el período 1990-2005.**



Fuente: AEMA; Eurostat.

Las emisiones directas<sup>(7)</sup> de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de la generación de electricidad y calor dependen tanto de la cantidad de electricidad y calor generada como de las emisiones por unidad producida. La combinación de combustibles en la producción de electricidad incide, en última instancia, sobre la eficiencia de la producción global y, en el caso de los NO<sub>x</sub> y el SO<sub>2</sub>, sobre la intensidad con la cual deben aplicarse las técnicas de reducción.

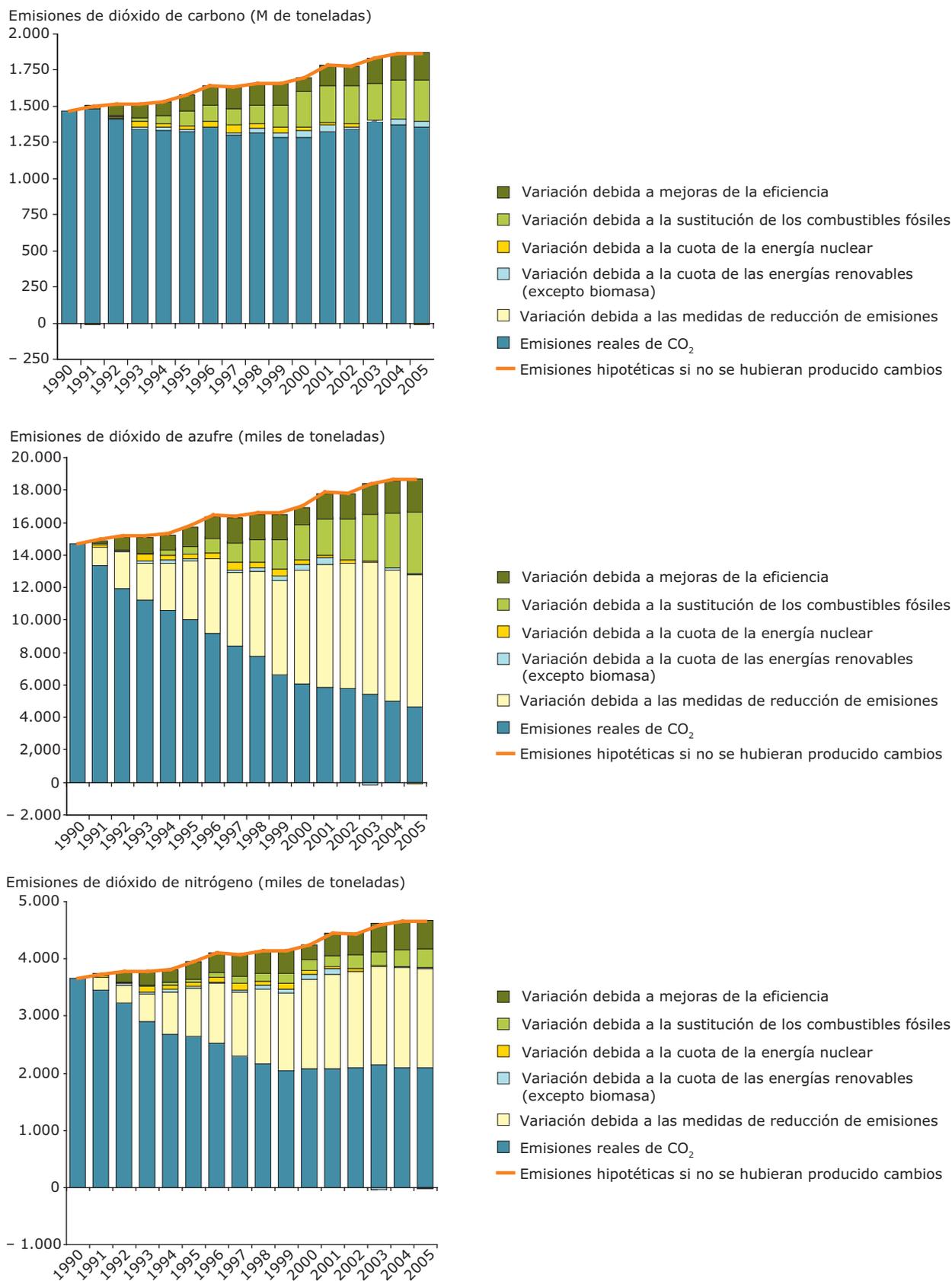
Si la estructura de producción de electricidad y calor hubiera permanecido invariable desde 1990, es decir, si las cuotas de los combustibles utilizados y la eficiencia hubieran permanecido constantes, las emisiones habrían aumentado en consonancia con el incremento en la producción de electricidad y calor. Esta evolución hipotética se indica en la parte superior de los gráficos.

Los efectos estimados de los diversos factores de reducción de las emisiones se muestran en cada una de las barras.

Los factores principales de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de electricidad y

(7) En la figura 1.8 no se tienen en cuenta las emisiones del ciclo de vida

**Figura 1.8 Impacto estimado de diferentes factores sobre la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> derivadas de la generación de electricidad y calor para uso público en la UE27, 1990-2005**



Fuente: AEMA; Eurostat.

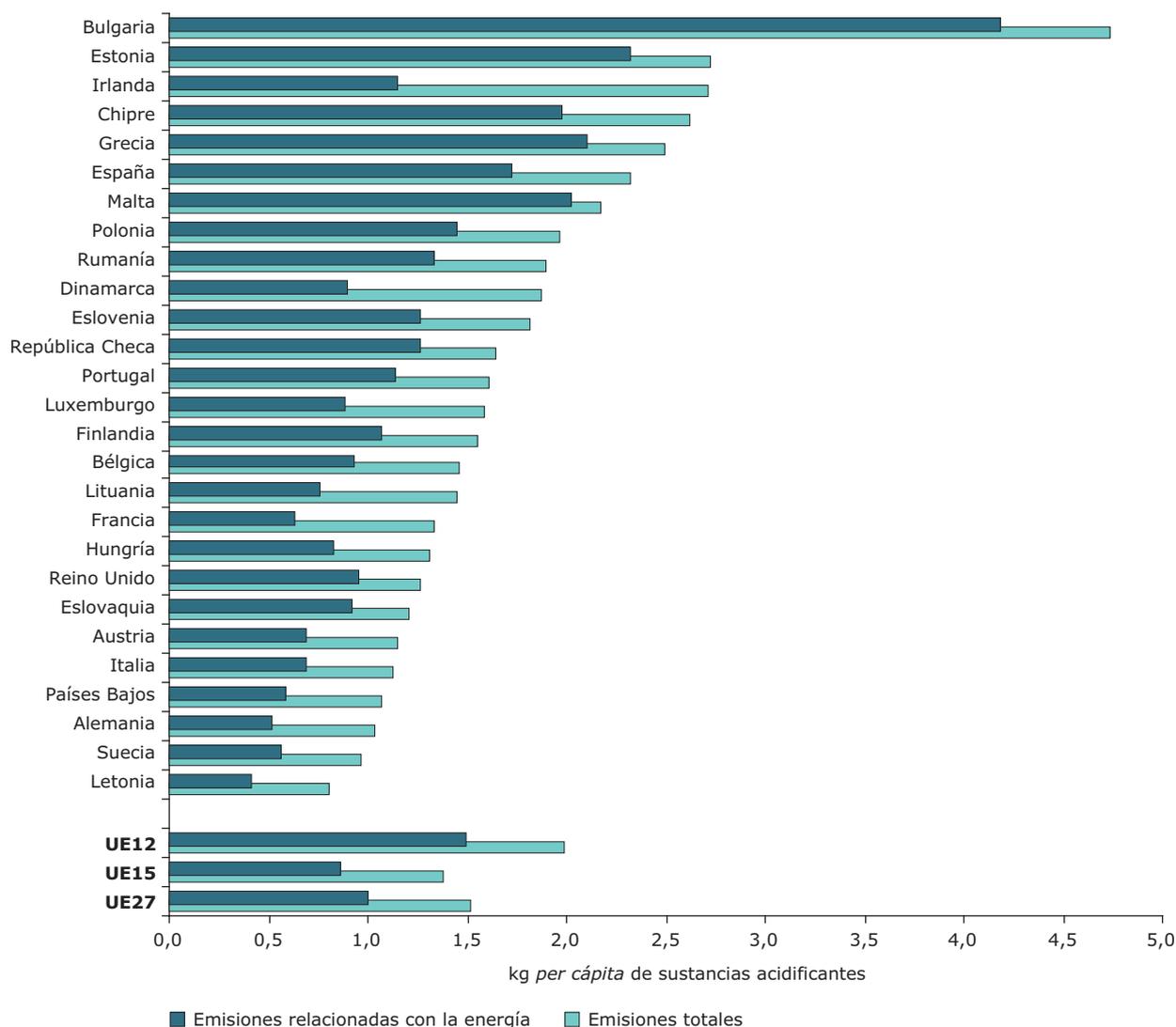
calor son la mejora en la eficiencia y la sustitución de combustibles (de carbón a gas) y, en mucha menor medida, el cambio en la contribución de las energías renovables en ciertos años. Sin embargo, en 2002 y 2003 la cuota de energías renovables fue relativamente baja debido a la limitada producción de energía hidroeléctrica como resultado del descenso de las precipitaciones. La cuota de energía nuclear en la producción de electricidad en 2005 fue también menor que la del decenio de los noventa, lo cual provocó un aumento de las emisiones (indicado por la pequeña porción negativa de la barra en ese año).

En cuanto a la reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, el factor dominante parece ser el uso de tecnologías de reducción de emisiones, ya que explica la diferencia más importante entre la línea hipotética y el nivel real de emisiones. Las mejoras en la eficiencia y la sustitución de combustibles también desempeñan

un importante papel en la reducción de las emisiones de estos contaminantes, aunque la segunda ha sido más significativa en el caso del SO<sub>2</sub>, debido a una sustitución adicional por carbón de bajo contenido en azufre. Aproximadamente a partir de 1999, el descenso en las emisiones de SO<sub>2</sub> se ralentiza significativamente, mientras que las emisiones de NO<sub>x</sub> en términos generales, se estabilizan.

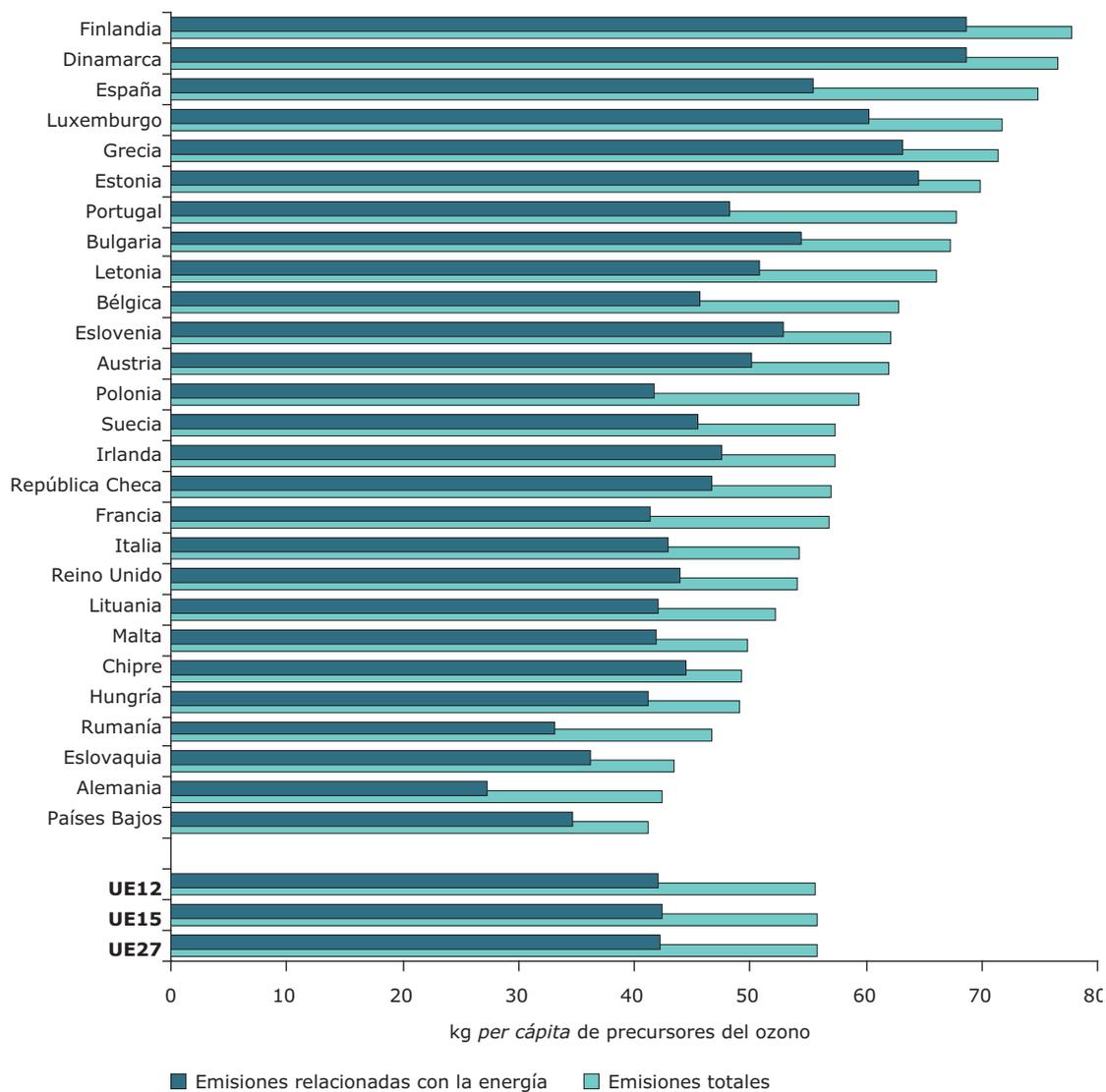
Las emisiones *per cápita* de contaminantes atmosféricos varían significativamente entre los Estados miembros debido a diversos factores que incluyen el nivel de demanda de energía, la combinación de fuentes de suministro energético, el nivel de eficiencia y las tecnologías de reducción de emisiones, así como la relación de sectores económicos. Por ejemplo, la mayor prevalencia de la agricultura en algunos Estados miembros implica mayores emisiones no relacionadas con la energía.

**Figura 1.9 Emisiones de sustancias acidificantes, precursores del ozono y partículas (primarias y secundarias) per cápita en 2005**



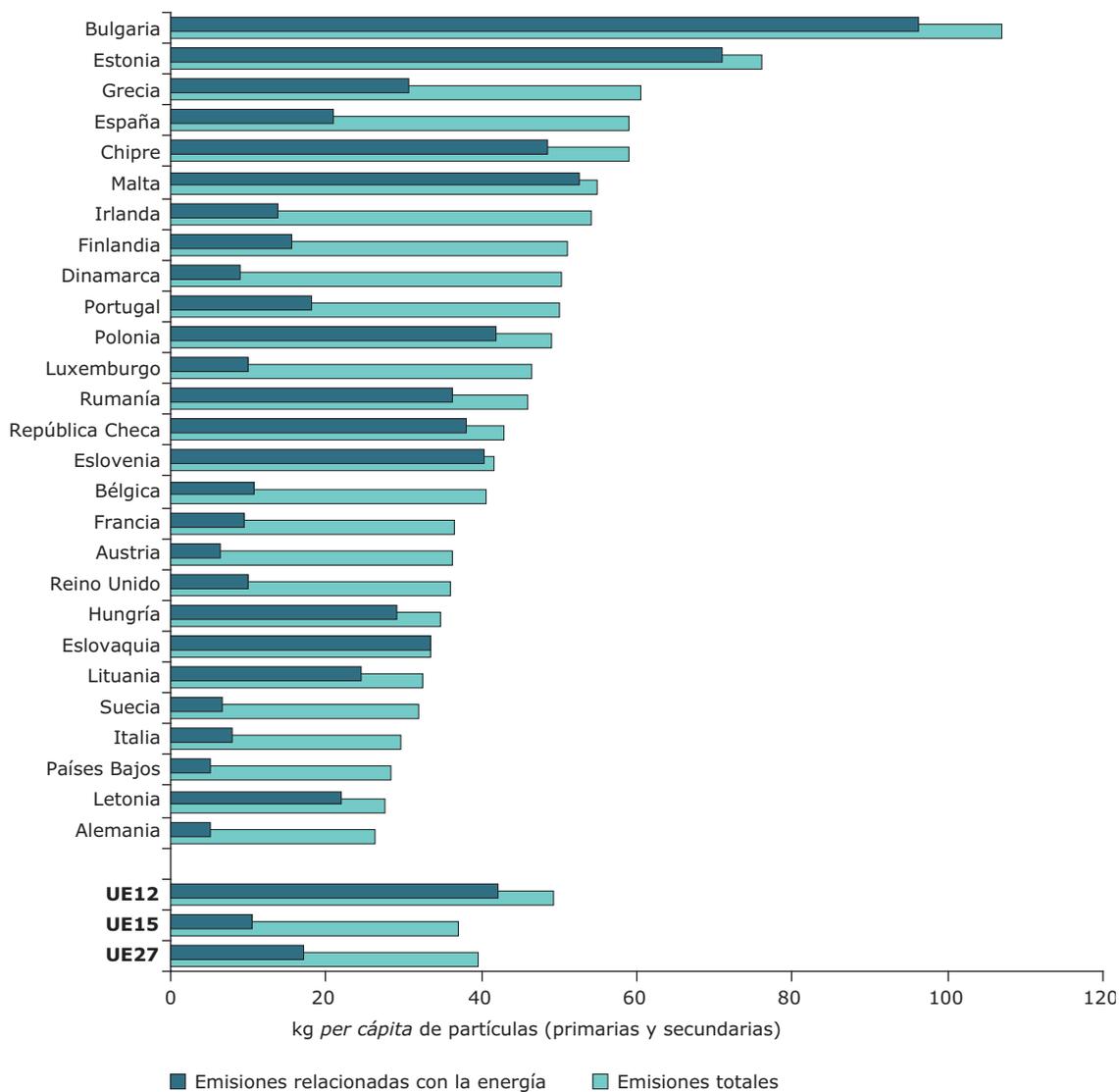
Fuente: AEMA; Eurostat.

**Figura 1.9 Emisiones de sustancias acidificantes, precursores del ozono y partículas (primarias y secundarias) per cápita en 2005 (cont.)**



Fuente: AEMA; Eurostat.

**Figura 1.9 Emisiones de sustancias acidificantes, precursores del ozono y partículas (primarias y secundarias) per cápita en 2005 (cont.)**



Fuente: AEMA; Eurostat.

### 1.3 Otras presiones ambientales relacionadas con la energía

Si bien este informe se centra principalmente en el uso de la energía, el suministro energético y las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero, también pueden ejercerse otras presiones ambientales relacionadas con la energía.

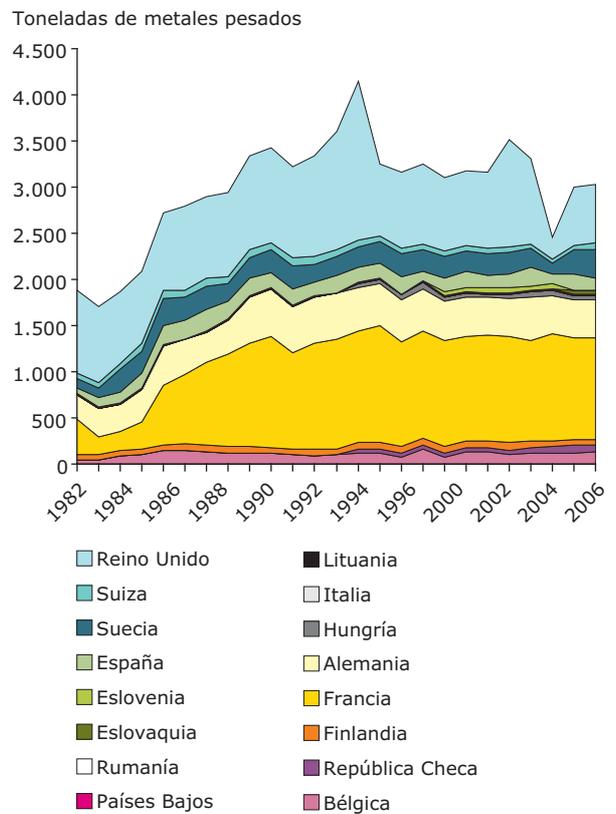
#### Residuos nucleares

La Comisión Europea y el Consejo Europeo, en sus conclusiones del 8 y el 9 de marzo de 2007 (CE, 2007e), señalaron que la energía nuclear también puede contribuir a paliar las preocupaciones crecientes en cuanto a la seguridad del suministro energético y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Tras la decisión del Consejo, se creó el Foro Europeo de la Energía Nuclear<sup>(8)</sup> con el fin de ofrecer una plataforma en la que todas las partes interesadas pudieran debatir sobre las oportunidades y los riesgos asociados a esta fuente de energía. La energía nuclear también se ha incluido en el Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (CE, 2006b) como una de las tecnologías clave con baja emisión de carbono. Sin embargo, el uso de esta energía también genera residuos nucleares, los cuales deben almacenarse y eliminarse cuidadosamente. Aunque existen métodos de eliminación definitivos para los residuos nucleares de baja o media actividad, no se han encontrado todavía soluciones para los residuos de alta actividad. Hasta el momento, Finlandia es el único país europeo con una estrategia clara y unos plazos establecidos para la aplicación de medidas encaminadas a la eliminación definitiva de los residuos de alta actividad.

La cantidad anual de combustible gastado se determina en función de la cantidad de electricidad generada por las centrales nucleares, pero también existen otros factores, como el tipo de central y su eficiencia. No obstante, aun con una estabilización o incluso una disminución anual de las cantidades de combustible gastado, continúan acumulándose residuos nucleares de alta actividad. Se han puesto en marcha iniciativas destinadas al establecimiento de métodos de eliminación definitiva que alivien las preocupaciones técnicas y públicas sobre la posible amenaza que constituyen estos residuos para el medio ambiente. Mientras tanto, los residuos se acumulan en instalaciones de almacenamiento en seco y en húmedo.

Durante el período 1990-2006 se registró una ligera disminución en la cantidad anual de combustible gastado (aproximadamente del 5%), aunque la electricidad producida en centrales nucleares en el mismo período aumentó un 20% aproximadamente.

**Figura 1.10** Cantidades anuales de combustible nuclear gastado procedente de las centrales nucleares de la UE (toneladas de metales pesados)



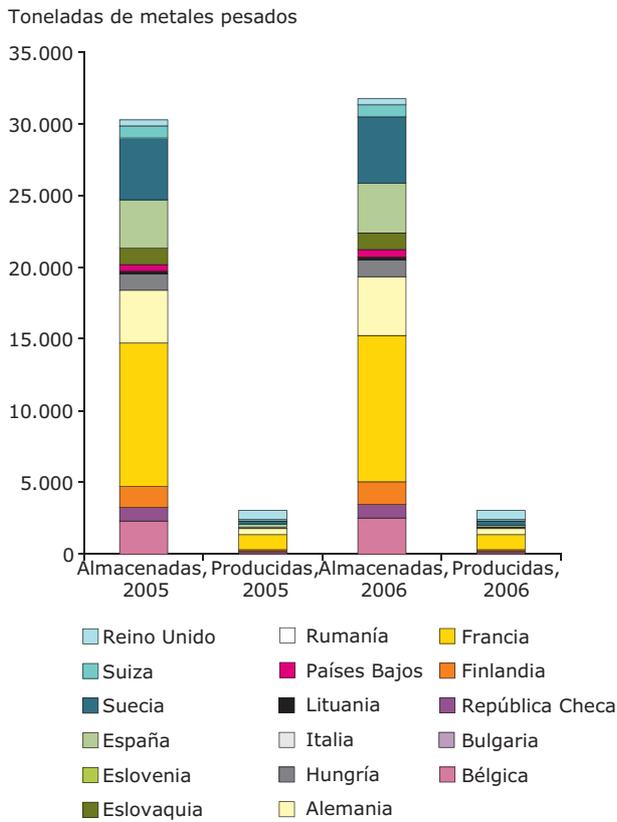
**Nota:** No se incluye información sobre Bulgaria debido a la falta de datos.

**Fuente:** OCDE, 2007; OIEA, 2003b; AEN, 2007.

Se han puesto en funcionamiento muy pocas centrales nucleares nuevas desde 1990; por el contrario, se han cerrado varias plantas en el Reino Unido, Lituania, Alemania, Suecia y Bulgaria. La reducción de combustible gastado producido por unidad de energía generada se debe a una combinación de factores tales como el aumento de la disponibilidad de las centrales en los decenios anteriores (se redujo el número de arranques), la mejora de la eficiencia eléctrica neta de la planta y los avances en el enriquecimiento del combustible y el proceso de quemado (WNA, 2003). Las grandes variaciones observadas en el Reino Unido se deben principalmente al desmantelamiento de varias centrales nucleares antiguas. Durante las actividades normales de explotación, en un año se recarga solo una parte del núcleo del reactor y se retira el combustible gastado correspondiente; de ahí la limitada correlación que existe entre la cantidad de combustible gastado que se envía para su almacenamiento y la producción eléctrica de la central. Sin embargo, cuando se desmantela, el reactor se vacía completamente de combustible.

(8) Puede encontrarse más información sobre las actividades del foro en [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/forum/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/forum/index_en.htm).

**Figura 1.11 Cantidad total almacenada de residuos de alta actividad.**



**Nota:** No se incluye información sobre Bulgaria debido a la falta de datos.

**Fuente:** OCDE, 2007; OIEA, 2003b; AEN, 2007

El combustible gastado se almacena primero durante varios años (por lo general menos de 10, aunque en ocasiones más de 20 años) en piscinas de almacenamiento «en reactor» (en la propia central) hasta que el calor y la radiación de dicho combustible sean lo suficientemente bajos como para permitir su manipulación. Transcurrido este tiempo, el combustible es reprocesado o almacenado temporalmente. El almacenamiento temporal, que dura períodos de 50 a 100 años, es necesario para que se produzca un descenso aún mayor del calor y la radiactividad de los residuos antes de proceder al almacenamiento definitivo. En la UE, el combustible gastado se almacena temporalmente en sistemas de almacenamiento en seco y en húmedo. El diseño de las instalaciones está pensado para limitar la radiación al entorno y eliminar el calor del combustible gastado. La capacidad de almacenamiento «fuera del reactor» en Europa occidental y oriental es de aproximadamente 66 kt de metales pesados, de las cuales unas 53 kt corresponden a almacenamiento en húmedo (OIEA, 2003b). Las instalaciones de almacenamiento provisional pueden ser de muy distintos tipos, desde depósitos capaces de resistir el impacto de aviones (como el de Habog, en los Países Bajos) hasta bidones situados al aire libre. Actualmente

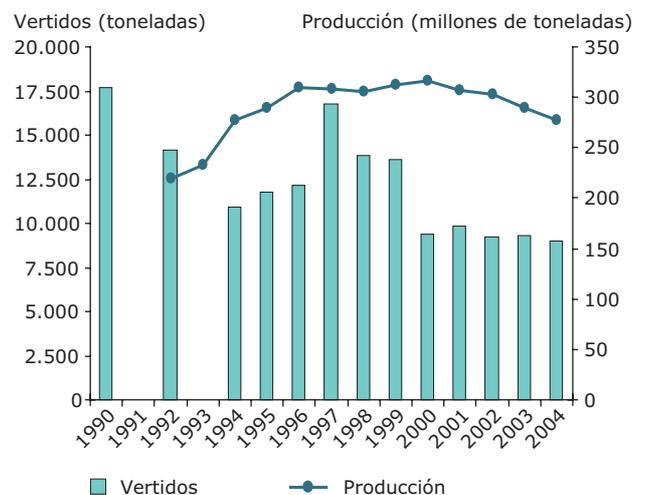
no existen instalaciones comerciales destinadas al almacenamiento permanente de residuos de alta actividad. En Bélgica, la República Checa, España, Finlandia, Francia, los Países Bajos y Suecia se están diseñando instalaciones que está previsto que entren en funcionamiento entre 2020 y 2025.

**Contaminación por vertidos de petróleo**

La contaminación de petróleo procedente de las refinerías costeras, las plataformas en alta mar y el transporte marítimo ejerce presiones importantes sobre el medio ambiente marino. La consistencia del petróleo vertido puede provocar una contaminación de la superficie y la asfixia de la biota marina. Además, sus componentes químicos pueden tener efectos tóxicos agudos e impactos a largo plazo. Desde 1990 se ha registrado un descenso de los vertidos de petróleo procedentes de las plataformas en alta mar y las refinerías costeras, a pesar del aumento de la producción de crudo y del envejecimiento de numerosos yacimientos petrolíferos importantes (véase la figura 1.2). Esta mejora se debe principalmente a una mayor aplicación de tecnologías de limpieza y separación.

Los vertidos de petróleo de las plataformas en alta mar pueden proceder de las aguas de producción, los detritos de perforación, los derrames y las operaciones de quemado en antorcha. A pesar del aumento inicial de los vertidos de petróleo en las plataformas en alta mar producido en 1997, que se debió principalmente a un derrame accidental excepcional, se espera que este tipo de vertidos sigan disminuyendo en el futuro, en parte gracias

**Figura 1.12 Producción y vertidos de petróleo en las plataformas petrolíferas del Atlántico nordeste**



**Nota:** Solo hay datos disponibles de Alemania, Dinamarca, Irlanda, Noruega, Países Bajos y Reino Unido; de ahí que la evaluación se limite al Atlántico nordeste. No se tienen datos de 1991 y 1993.

**Fuente:** OSPAR, 2006; Eurostat.

a la nueva normativa sobre residuos de perforación (OSPAR, 2000) que entró en vigor en el año 2000.

Por otra parte, siguen produciéndose vertidos de petróleo procedentes de buques petroleros, aunque se ha apreciado una disminución tanto de su frecuencia como de los volúmenes del vertido en el último decenio (véase la figura 1.13). No obstante, esta tendencia depende en gran medida de la incidencia de grandes accidentes entre los petroleros, ya que un número muy reducido de estos accidentes es responsable de un elevado porcentaje del petróleo vertido imputable al transporte marítimo. Estos accidentes graves todavía siguen produciéndose ocasionalmente. No obstante, el hecho de que la situación mejore, a pesar del continuo crecimiento del transporte marítimo de crudo, resulta alentador. El aumento de las medidas de seguridad, como la introducción del doble casco (exigido por la OMI), ha contribuido a esta mejora. La UE también respalda otras iniciativas de mejora de la seguridad marítima tal y como se desprende del tercer paquete de medidas legislativas propuesto a este respecto (CE, 2005c) y la propuesta de la introducción acelerada del doble casco en los petroleros (CE, 2006c).

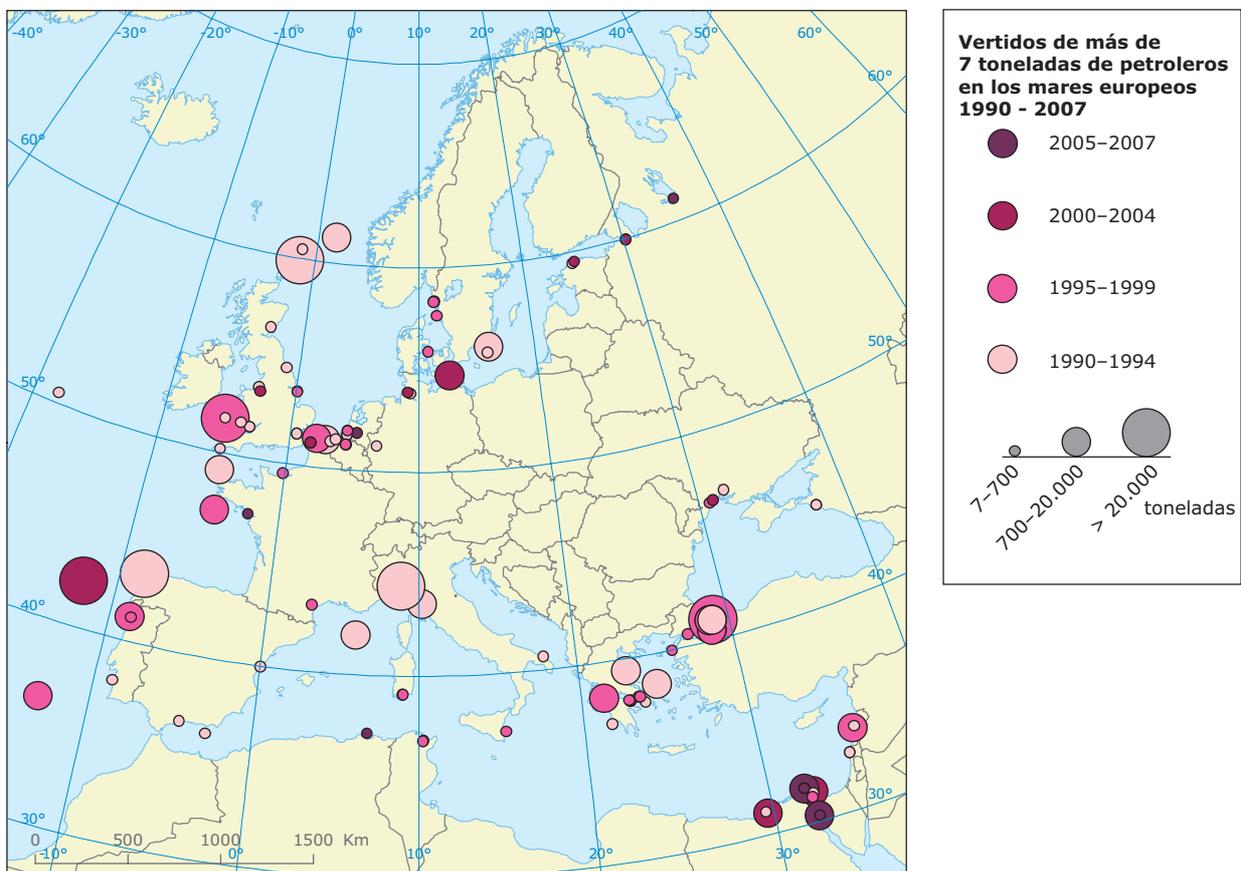
En los mares europeos, se ha registrado un importante descenso de los vertidos accidentales de petróleo

durante los últimos 17 años. Del total de vertidos de petróleo derivado de grandes accidentes (es decir, de más de 7 toneladas) que tuvieron lugar durante el período 1990-2005 (553.000 toneladas), dos terceras partes se produjeron entre 1990 y 1994. En los dos lustros siguientes (1995-1999 y 2000-2004) se produjeron alrededor del 19% y del 14% de los vertidos, respectivamente. En 2005 se vertieron 2.100 toneladas al medio ambiente. No obstante, esta tendencia depende en gran medida de la incidencia de grandes accidentes, ya que un número muy reducido de estos accidentes es responsable de un elevado porcentaje del petróleo vertido imputable al transporte marítimo. Por ejemplo, durante el período 1990-2005, de los 106 vertidos accidentales que superaron las 7 toneladas, el 89% del volumen total vertido se debe solo a 7 accidentes (que provocaron vertidos de 20.000 toneladas o más). El mapa no incluye vertidos por debajo de las 7 toneladas.

### Otras presiones ambientales

El uso del suelo relacionado con la energía para centrales eléctricas, refinerías, líneas de transmisión, explotaciones mineras, etc., también provoca presiones sobre el medio ambiente y puede conducir a la degradación y la fragmentación de los ecosistemas. Además, las instalaciones de combustión (en especial

**Figura 1.13 Grandes vertidos (> 7 toneladas) de petroleros en aguas europeas 1990-2007**



Fuente: ITOPF, 2008.

las de carbón y lignito) liberan pequeñas cantidades de metales pesados, como mercurio, plomo y cadmio que, con el tiempo, pueden acumularse en los organismos biológicos y producir efectos potencialmente tóxicos. Asimismo, varios tipos de fuentes de energía, incluidas las renovables, pueden afectar a la biodiversidad en el medio ambiente local (por ejemplo, mediante la creación de una presa para una central hidroeléctrica). Estas presiones ambientales y otras cuestiones conexas se tratan con más detalle en otros informes de la Agencia Europea de Medio Ambiente (véase, por ejemplo, AEMA, 2007b).

### 1.4 Impactos del cambio climático sobre la producción y consumo de energía

Tal como se muestra en el apartado 1.1, la producción y el consumo de energía constituyen la fuente principal de emisiones de gases de efecto invernadero en Europa y, por ende, un importante impulsor del cambio climático. Pero, a su vez, la producción y el consumo de energía también se verán afectadas por el cambio climático. A continuación se abordan dos aspectos relacionados con los impactos del cambio climático y la adaptación al mismo, los cuales también guardan una estrecha relación con temas tratados más adelante en este informe, concretamente, la dependencia europea de los combustibles fósiles importados y el consumo energético de los hogares.

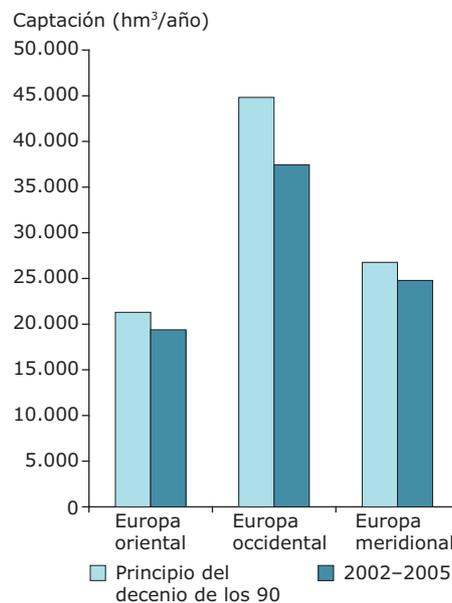
#### Energía y agua

Son muchos los estudios que han demostrado que la demanda de energía está relacionada con las condiciones climáticas (p. ej., la temperatura exterior), particularmente en los hogares, pero también en el sector servicios y en la industria (Eurostat, 2007). Por ejemplo, entre 1990 y 2005, el consumo eléctrico por persona en los hogares aumentó un promedio del 31,1% en todos los Estados miembros de la UE27, mientras que en Turquía se registró un aumento del 150% (véase la figura 6.1). Esto se debe en parte a la creciente demanda de refrigeración en el sur de Europa. Sin embargo, la producción de electricidad depende en gran medida de la disponibilidad de agua, tanto para refrigeración de centrales térmicas, como para la producción de energía hidroeléctrica. A causa del cambio climático, la disponibilidad de agua puede aumentar en algunas zonas (especialmente en Europa septentrional) debido al aumento de la escorrentía fluvial, mientras que en otras el riesgo de escasez de agua será grande (por ejemplo, en la región mediterránea) (AEMA, 2008c). Durante las olas de calor y los períodos de sequía, el uso del agua de refrigeración podría sufrir restricciones si se exceden los valores límite para la temperatura del agua. Esto podría obligar a las centrales térmicas a trabajar con

una capacidad reducida y un nivel de eficiencia por debajo del óptimo (p. ej., a causa de la mayor demanda de energía de las bombas para mantener la temperatura de condensación necesaria, cambios de torres de refrigeración húmedas a secas, etc.<sup>(9)</sup>). Además, las proyecciones de futuro relativas al aumento del nivel del mar y el impacto que ello conllevaría sobre los sistemas costeros ponen de manifiesto que puede haber fuertes incrementos del riesgo de inundaciones en las costas. Por consiguiente, tal vez sea necesario construir las nuevas centrales térmicas en zonas interiores, donde competirían por las fuentes de abastecimiento de agua con otros usos públicos (p. ej., para la agricultura) y estarían sujetas a una normativa ambiental más estricta.

En Europa, la captación de agua para refrigeración en la producción de energía supone alrededor del 44% del uso total del agua. Los países de Europa occidental y los de la zona norte y central de Europa oriental son los mayores consumidores de agua para refrigeración; por ejemplo, más de la mitad del agua que se extrae en Alemania, Bélgica, y Estonia se usa para dicho fin (véase la figura 1.14).

**Figura 1.14 Captación de agua para refrigeración en la industria energética (millones de m<sup>3</sup>/año) a principios del decenio de los noventa y 2002–2005**



**Nota:** Europa oriental (centro y norte): Bulgaria (1990; 2005), República Checa (1990; 2002), Estonia (1990; 2002), Hungría (1992; 2002), Polonia (1990; 2005) y Rumanía (1991; 2005). Europa occidental (centro y norte): Austria (1990; 2002), Bélgica (1994; 2003), Inglaterra y Gales (1990; 2004), Finlandia (1990; 2005), Alemania (1991; 2004), Países Bajos (1990; 2005), Suecia (1990; 2004) y Suiza (1990; 2005). Europa meridional: España (1991; 2004), Francia (1990; 2002).

**Fuente:** AEMA.

<sup>(9)</sup> En la página web del proyecto ADAM <http://www.adamproject.eu/> se puede obtener información más detallada.

Es probable que las variaciones en las pautas de precipitación (y, por tanto, la cantidad de agua disponible) y en la temperatura del agua originadas por el cambio climático ejerzan presión sobre las compañías energéticas en un futuro próximo, exigiendo mayores restricciones en algunos países (especialmente en Europa meridional) para abordar las preocupaciones relativas a la seguridad del suministro energético.

Para la refrigeración de las centrales de energía, la temperatura límite del agua de refrigeración es de 23 °C. No obstante, en los últimos años, el número de días en los que la temperatura ha superado ese umbral ha ido en aumento (en la figura 1.15 se muestran los datos para el Rin). Por ejemplo, durante el verano de 2003, que fue particularmente caluroso, el aumento de las temperaturas del agua y el descenso del caudal de los ríos constituyeron una amenaza para la capacidad de refrigeración de varias centrales eléctricas en Francia y en los Países Bajos. Se exige que el agua de refrigeración se vierta únicamente a una temperatura inferior a 30 °C y, en la práctica, esto se tradujo en que, para satisfacer este criterio, varias compañías se vieron obligadas a reducir su capacidad de producción. Tres centrales hidroeléctricas (en el Mosa, el Nederrijn y el Vecht) también tuvieron que trabajar a una capacidad muy limitada durante varias semanas (entre el 10 y el 25% de su capacidad normal). El resultado de todo ello fue un aumento significativo del riesgo de cortes en el suministro eléctrico (al estrecharse el margen de capacidad para hacer frente a los picos de demanda) en los Países Bajos.

**Cambios en los patrones de demanda de energía**

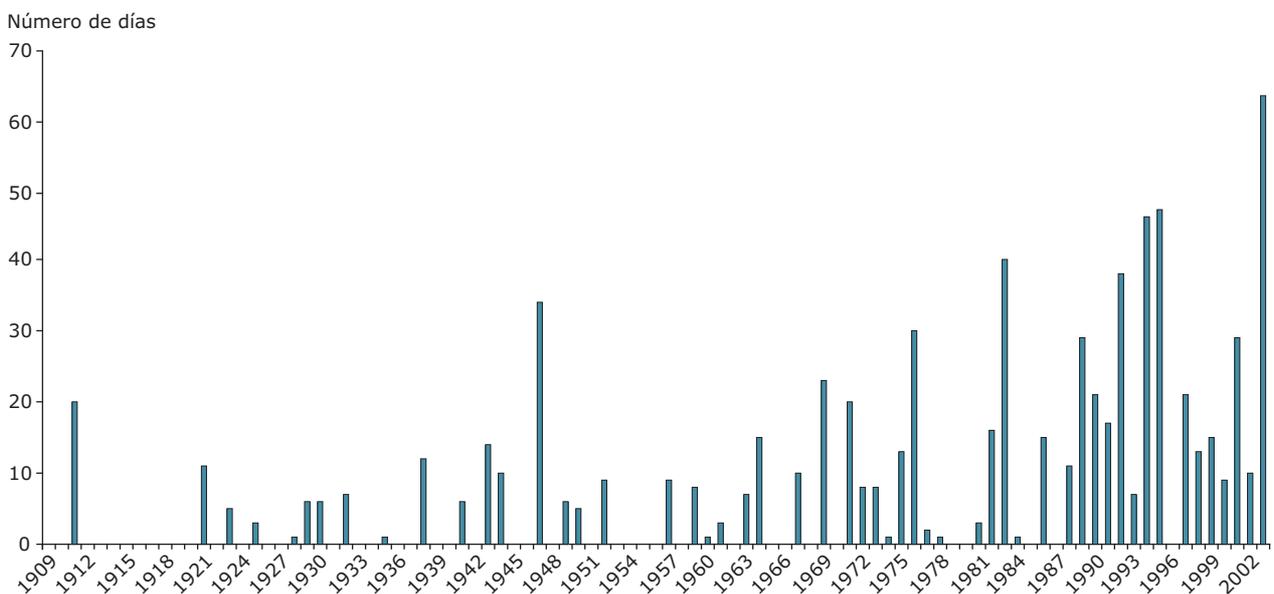
Es probable que el cambio climático tenga otro impacto significativo sobre la producción y el consumo de

energía: va a influir sobre las pautas de demanda de energía. Es previsible que el clima cambiante de Europa provoque un descenso de la demanda de calefacción en invierno (especialmente en la Europa septentrional) y un aumento de la demanda de refrigeración en verano (en el área mediterránea). Esto puede describirse como un impacto o como una medida de adaptación que, en algunos casos, puede contrarrestar los esfuerzos de mitigación (véase la figura 1.16). Este cambio en la demanda de energía también desencadenará cambios en la combinación de fuentes de energía y en los tipos de centrales necesarios, ya que los servicios energéticos (como calefacción y refrigeración) se suministran normalmente a partir de distintas fuentes de energía. Este desarrollo influirá en las futuras emisiones de GEI en Europa, pero también podría afectar a la evolución de las importaciones de combustibles fósiles; por ejemplo, en la actualidad se prefieren las centrales eléctricas alimentadas por gas, no solo por las ventajas que ofrecen desde el punto de vista del medio ambiente, sino también por su versatilidad (en términos de satisfacción de los picos de demanda). Otros factores climáticos que afectan a la demanda de energía son el enfriamiento provocado por el viento, la iluminación, la nubosidad y las precipitaciones.

**1.5 Análisis del ciclo de vida (ACV) de los sistemas energéticos**

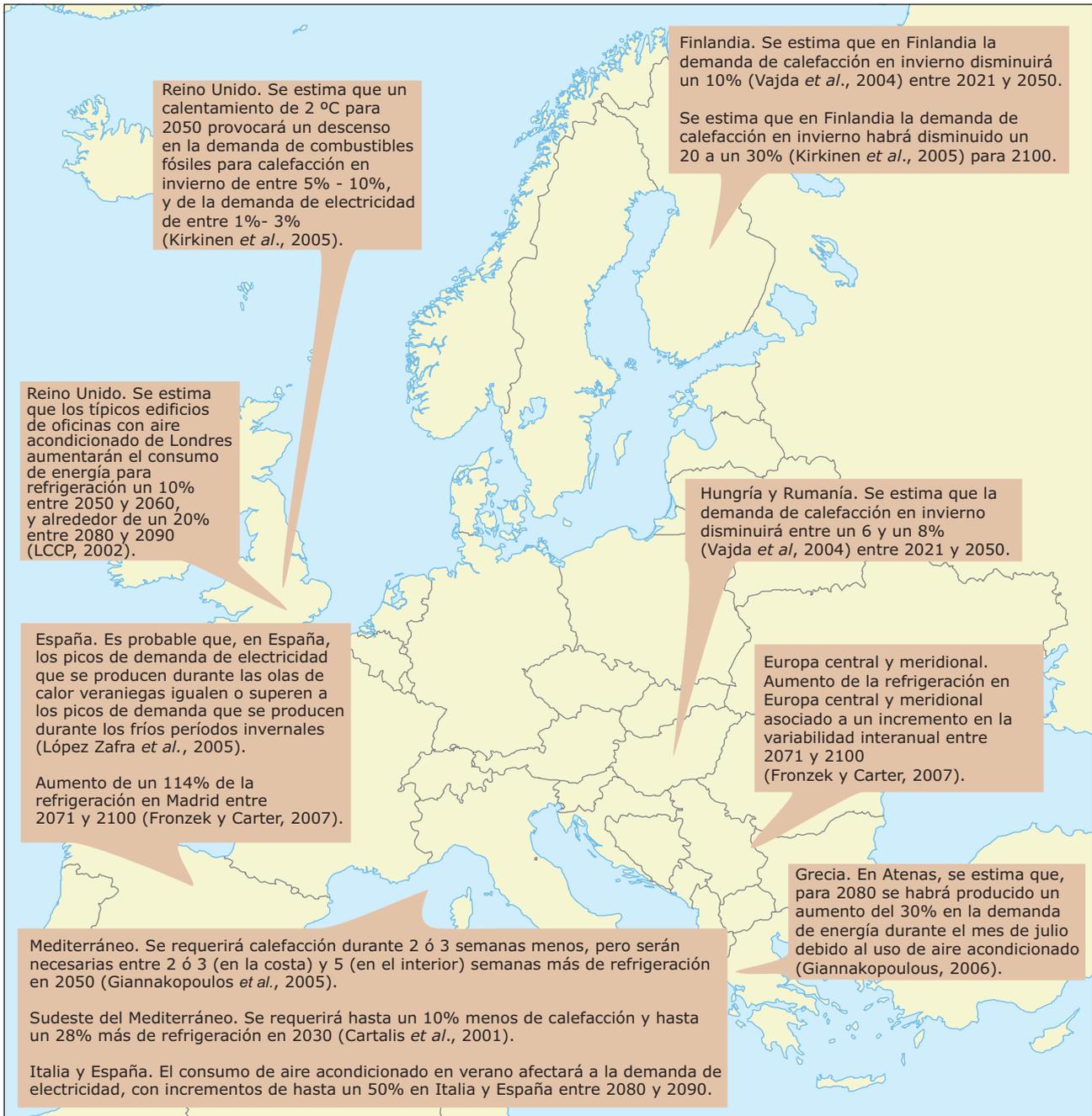
Un análisis del ciclo de vida (ACV) de diversas fuentes de energía identifica los impactos ambientales de distintas actividades a lo largo de la cadena de suministro, desde la extracción del recurso hasta el uso final, e incluye la fase de fabricación para todos los procesos implicados (Oeko, 2006). Esta metodología

**Figura 1.15 Número de días en los que la temperatura del agua del Rin fue superior a 23 °C**



Fuente Bresser et al., 2006.

**Figura 1.16 Proyecciones de demanda de energía en Europa para varios horizontes temporales**



Fuente: AEMA, 2008c.

cuantifica los impactos ambientales (es decir, sobre la calidad del aire – emisiones atmosféricas, agua y suelo) de todos los recursos, materias primas y portadores de energía involucrados en el ciclo de vida de un producto o proceso determinado. Además, esta metodología agrupa estos impactos ambientales en el tiempo y en el espacio para determinar las presiones sobre el medio ambiente a escala mundial, como por ejemplo el calentamiento de la tierra, la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización, los contaminantes tóxicos para

el ecosistema y para el ser humano, la desertización, el uso del suelo y el agotamiento de los minerales y combustibles fósiles<sup>(10)</sup>. La mayoría de los estudios que aplican análisis del ciclo de vida se centran únicamente en la energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El ACV aplicado a las fuentes de energía constituye un enfoque que requiere un uso intensivo de datos. Incluye tanto las emisiones directas (de los procesos de conversión) como las indirectas derivadas de

<sup>(10)</sup> Para más información, véase <http://ca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/lcagoalPag.vm>.

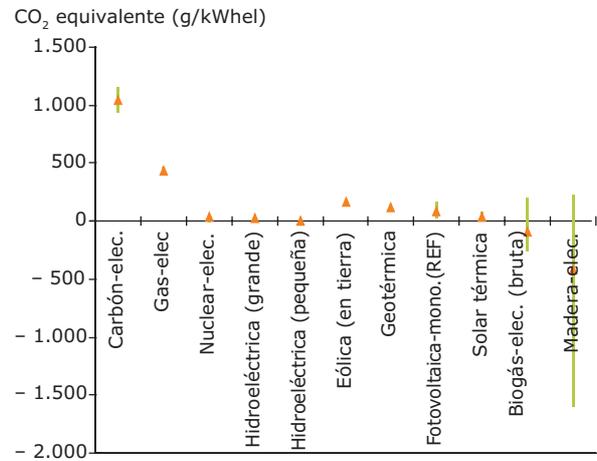
actividades como la minería, el procesamiento, el transporte y la producción o extracción de las materias primas necesarias para los procesos de fabricación. En el caso de la industria nuclear, también incluye el enriquecimiento y la fabricación de las barras de combustible<sup>(11)</sup>.

El nivel de emisiones de cada una de las fuentes puede variar en función de la calidad del combustible: en el caso del carbón y el gas natural existen diferencias entre los combustibles fósiles importados<sup>(12)</sup> de Estados no pertenecientes a la UE y los combustibles fósiles propios, entre la eficiencia de las centrales y entre las diferentes tecnologías. Por ejemplo, en el caso de la energía fotovoltaica, el ACV para las emisiones varía en función del tipo de célula (es decir, módulos con silicio monocristalino, policristalino y amorfo). En el caso de las tecnologías solares térmicas, desde el punto de vista del ACV, lo importante es si se trata de espejos cilindro-parabólicos, centrales solares de torre con campos de heliostatos o discos solares parabólicos. En el caso de la biomasa, el nivel de emisiones viene determinado, entre otros factores, por el tipo de materia prima utilizada y las diferentes tecnologías de conversión utilizadas.

En la figura 1.16 se muestran las emisiones de GEI desde la perspectiva del ACV asociadas a distintas fuentes de energía. La figura procede del ACV realizado por el Instituto Oeko para la AEMA, que utilizó la base de datos GEMIS desarrollada entre 1987 y 1989 como herramienta para realizar la evaluación comparativa de los efectos ambientales de la energía<sup>(13)</sup>.

Los resultados del ACV para las energías renovables que se presentan en este informe<sup>(14)</sup> incluyen la adquisición de los materiales y la fabricación de los sistemas de conversión primarios (p. ej., aerogeneradores, módulos fotovoltaicos o colectores solares térmicos). En cuanto a los cultivos bioenergéticos, también se incluyen procesos como la siembra, la cosecha, el transporte y los insumos necesarios (fertilizantes, pesticidas, combustibles para el transporte), así como la transformación final<sup>(15)</sup>. Por otra parte, para los desechos y los residuos no se han considerado actividades aguas arriba, con excepción del transporte, dado que se trata de subproductos de la agricultura, las operaciones forestales u otras actividades (p. ej., la industria de la alimentación, la industria de la madera, hogares).

**Figura 1.17 Emisiones de GEI, desde la perspectiva del ACV, de varios sistemas energéticos (2000)**



**Nota:** Para la electricidad solar se consideró un sistema de concentradores para generación de energía solar térmica con colectores cilindro-parabólicos, una central solar de torre con campos de heliostatos y un disco solar parabólico con motor Stirling. Para la fotovoltaica, se consideraron tres tipos de células: monocristalinas, policristalinas y amorfas, colocadas en una ubicación de referencia con 1.000 h/a de luz solar. En el caso de la eólica, se consideró un parque eólico terrestre con aerogeneradores de 1,5 MW (10 aerogeneradores; velocidad del viento de 9 m/s). Para el ACV de la electricidad de origen geotérmico, se consideró una gran planta con turbinas de vapor situada en Italia (1 MWe) y un sistema de ciclo de Rankine orgánico (CRO) «binario» a pequeña escala en Alemania, que utiliza un circuito cerrado.

**Fuente:** Base de datos GEMIS, Instituto Oeko.

El nivel de emisiones de GEI derivadas de la producción de electricidad, según el ACV, es más elevado en el caso del carbón y el gas debido, principalmente, a las emisiones generadas durante la combustión, siendo menores los niveles asociados a las actividades aguas arriba tales como la minería. El nivel de emisiones es muy inferior para las demás tecnologías, siendo generalmente insignificantes las derivadas del proceso de generación (p. ej., en el caso de energías renovables como la eólica o la hidroeléctrica) y estando más bien asociadas a su producción o su construcción.

Las emisiones derivadas de la producción de electricidad a partir de biomasa<sup>(16)</sup> constituyen un caso aparte, con oscilaciones significativas y, en algunos casos, emisiones negativas de cierta magnitud.

<sup>(11)</sup> Las emisiones del ciclo de vida para la energía nuclear no incluyen la «parte terminal» del ciclo del combustible, ya que no existen datos válidos disponibles sobre las condiciones de los futuros depósitos definitivos del combustible nuclear gastado. El «reciclado» del Pu-239 del combustible gastado mediante reprocesado y la fabricación de combustible MOX tampoco está incluido dado que no se dispone de datos adecuados.

<sup>(12)</sup> Los datos indicados para el carbón incluyen tanto lignito como hulla producidos internamente e importados (de los Estados Unidos, Rusia, y Sudáfrica). El ciclo de vida en el caso de los carbones importados incluye los barcos para transportar el carbón a Europa. Los datos sobre el gas natural incluyen los de Noruega y Rusia.

<sup>(13)</sup> <http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.htm>

<sup>(14)</sup> Otros análisis realizados a partir de GEMIS pueden incluir elementos distintos o complementarios en el ciclo de vida.

<sup>(15)</sup> Los datos del análisis del ciclo de vida para la bioenergía no incluyen las alteraciones directas e indirectas del uso del suelo.

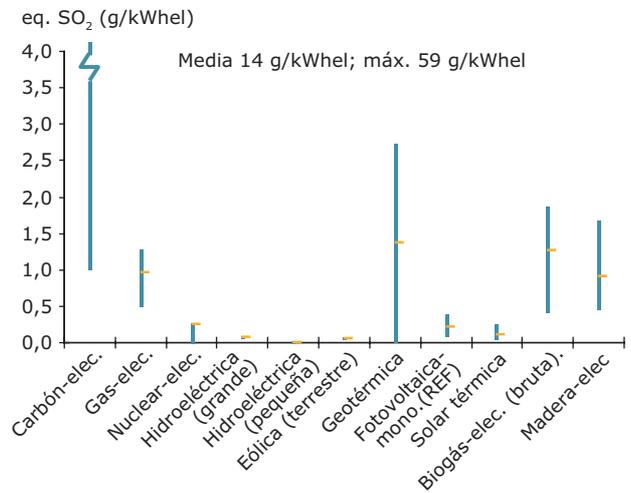
<sup>(16)</sup> Las emisiones presentadas son emisiones netas (asumiendo que se sustituyan los sistemas de calefacción a gas). Por ello, los resultados se basan en el método de sustitución, mientras que las actuales normas de medición, por ejemplo para los biocarburantes en la Directiva de Energías Renovables, se basan en la asignación de los subproductos.

Como se ha señalado, las emisiones netas derivadas de la producción de electricidad a partir de biogás son negativas, es decir, el calor procedente de la cogeneración recibe mayor crédito que las emisiones totales derivadas de la producción independiente de electricidad y de calor. Además, las grandes plantas de biogás y los grandes cogeneradores con motores de combustión interna (MCI) producen menos emisiones que los pequeños fermentadores con MCI de baja potencia. Aparte de los distintos flujos de residuos biogénicos, también pueden utilizarse para generar electricidad los restos leñosos de la silvicultura y la paja (considerada como residuo agrícola). La opción más sencilla es la combustión combinada en plantas exclusivamente productoras de electricidad (turbinas de vapor) y centrales eléctricas de cogeneración por contrapresión. En la figura 1.17 también se incluyen «nuevas» tecnologías de cogeneración a menor escala, tales como motores de vapor, ciclo de Rankine orgánico (CRO) y motores Stirling. Además, la biomasa sólida puede gasificarse en gasificadores de lecho fijo (LF), lecho fluidizado circulante (LFC) o lecho fluidizado presurizado (LFP) y después usarse en MCI, en turbinas de gas (TG) para cogeneración de electricidad (y calor) o solo electricidad en centrales de ciclo combinado (CC). Los datos correspondientes a estas tecnologías que aparecen en la figura, se refieren al año 2010.

Concretamente, la electricidad producida a partir de biomasa leñosa muestra una variación muy amplia en cuanto a las emisiones de GEI estimadas en el análisis de ciclo de vida, desde aproximadamente -1.600 a +200 g CO<sub>2</sub> eq./kWhel. La electricidad procedente de virutas de madera en sistemas de cogeneración mediante CRO produce emisiones de GEI con valores claramente negativos, mientras que las tecnologías de gasificación en lecho fluidizado (GLF) y GLF presurizado (GLFp), sin cogeneración, producen emisiones en el otro extremo de la escala. La intensidad de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la GLF y la GLFp es considerable y, por consiguiente, sus emisiones directas en de CO<sub>2</sub> eq. son bastante altas. Este no es el caso de los motores de vapor de «combustión directa» ni de los sistemas CRO. A pesar de que la eficiencia energética de los sistemas de ciclo combinado (CC) es considerablemente elevada, éstos no reciben ningún «crédito» por emisiones evitadas procedentes de los sistemas de calefacción. Por el contrario, los sistemas de cogeneración CRO a pequeña escala (y los de motor de vapor) tienen una eficiencia energética bastante menor, pero reciben créditos sustanciales debido al elevado «calor residual» que se asume que se utiliza para calefacción (la cantidad de calor está directamente relacionada con la baja eficiencia energética de esta tecnología)<sup>(17)</sup>.

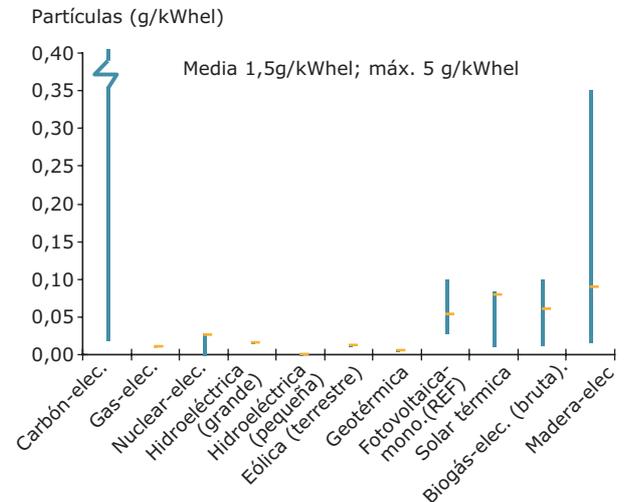
En las figuras 1.18 y 1.19 se ofrecen estimaciones similares para las emisiones del ciclo de vida de los

**Figura 1.18 Emisiones de sustancias acidificantes, desde la perspectiva del ACV, de varios sistemas energéticos (2000)**



Fuente: Base de datos GEMIS; Instituto Oeko.

**Figura 1.19 Emisiones de partículas, desde la perspectiva del ACV, de varios sistemas energéticos (2000)**



Fuente: Base de datos GEMIS; Instituto Oeko.

contaminantes atmosféricos con potencial acidificante (p. ej., SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub>) y partículas, respectivamente. Las emisiones de sustancias acidificantes son mayores en las centrales de carbón (incluso en aquellas con tecnología punta) debido a las altas emisiones de SO<sub>2</sub> que se producen durante la extracción del carbón, sobre todo en las minas de lignito a cielo abierto. En el caso del biogás utilizado en la producción de electricidad, las emisiones de NO<sub>x</sub> son relativamente altas cuando se utiliza el maíz como materia prima, seguido del estiércol. Cabe señalar que se utiliza la misma

<sup>(17)</sup> Cuando se utiliza un enfoque de «nueva asignación» alternativa, los resultados pueden ser distintos, favoreciendo más a los sistemas eléctricos de alta eficiencia. No obstante, si se producen grandes cantidades de calor cogenerado, la cuota «restante» de emisiones de GEI para la electricidad procedente de plantas de cogeneración con sistemas CRO/MV podría ser menor.

tecnología (motor de cogeneración de combustión interna) para todas las fuentes de biomasa, pero la materia prima es diferente.

La figura 1.19 pone de manifiesto la elevada oscilación de las emisiones de partículas en la producción de electricidad, tanto a partir de combustibles fósiles como mediante energías renovables. La electricidad producida a partir del carbón presenta las emisiones más elevadas, seguida de la electricidad producida a partir de virutas de madera.

En términos generales, los resultados del ACV suman las emisiones inherentes al material o la energía utilizados en cada etapa del ciclo de vida. Sin embargo, normalmente, dichos resultados no tienen en cuenta las numerosas presiones ambientales adicionales asociadas a cada etapa de la cadena de suministro energético.

Por ejemplo, los procesos de exploración y extracción de petróleo y gas natural, la minería del carbón y el uranio, la recolección de las cosechas, el uso de cuencas hidrográficas para la producción hidroeléctrica (especialmente en el caso de las grandes centrales) y la perforación de yacimientos geotérmicos constituyen actividades que pueden tener impactos graves sobre su entorno. Dichos impactos pueden expresarse en términos de contaminación del agua (tanto superficial como de acuíferos) y el suelo, así como de alteraciones en el ecosistema provocadas por cambios en el uso del suelo.

En el caso de la minería subterránea del carbón, los residuos se acumulan en la superficie, creándose así una escorrentía que contamina y altera el flujo de los cursos de agua locales. Además de incidir sobre la hidrología de los acuíferos, las minas subterráneas también presentan riesgos de hundimiento (CATF, 2001). Las extracciones petrolíferas pueden desestabilizar el terreno y alterar los acuíferos, al retirar grandes volúmenes de petróleo y metano del subsuelo. Las perforaciones próximas a los océanos pueden arrastrar agua salada al interior de los acuíferos de agua dulce. Los yacimientos petrolíferos liberan iones y productos químicos suspendidos en agua a los ecosistemas circundantes (sodio, cloro, boro, benceno y arsénico procedentes de las perforaciones marinas, todos los cuales suponen una amenaza para los ecosistemas marinos más frágiles, como los arrecifes de coral). Además, tanto el transporte de gas como el de petróleo conllevan un alto riesgo de accidentes, los cuales pueden provocar graves daños ambientales.

Existe otro factor importante que guarda relación con los requisitos de uso del suelo en lo referente a la ubicación final de la planta (tanto su tamaño como su localización) y los efectos adversos producidos en las primeras etapas de su ciclo de vida, por ejemplo, en el caso de la minería de combustibles primarios, como el carbón y el uranio (como se ha señalado anteriormente). También cabe

citar, entre otros ejemplos, la exploración geotérmica, que puede provocar alteraciones en el suelo, descargas de fluidos (agua o gases), extracciones de agua, ruido, pérdida de vegetación y riesgo de erosión. Las presas y turbinas de las centrales hidroeléctricas pueden tener un impacto significativo sobre el estado de los ríos, así como sobre el suelo y la vegetación ribereña, todo lo cual puede afectar de forma importante a las poblaciones de peces y otros organismos silvestres, dependiendo de la situación de la presa.

La producción de bioenergía, al interactuar estrechamente con el entorno, puede provocar la pérdida de biodiversidad, afectar a la calidad y la cantidad del agua, e incluso generar elevadas emisiones de GEI (p. ej., cuando la biomasa de partida se cultiva en suelos con alto contenido en carbono y debido a cambios indirectos en el uso del suelo). Los bosques y las praderas naturales contienen cantidades significativas de carbono en la vegetación, por lo que, cuando los bosques y los suelos vírgenes se transformen en suelo agrícola para la producción de biomasa, habrá una emisión del carbono presente en el suelo y en las plantas originales. Las turberas, por ejemplo, almacenan cantidades significativas de carbono, y el drenaje de estos suelos para adecuarlos al cultivo provoca la oxidación de estas reservas.

Un número reducido de estudios (p. ej., relacionados con el uso del agua para biocarburantes; véase Renew, 2008) han intentado cuantificar al menos algunos de estos elementos adicionales en el ACV; sin embargo, por lo general, son los más difíciles de incluir, debido a la falta de datos fiables disponibles. Puede consultarse más información sobre las emisiones de la bioenergía, según el ACV, en el informe de la AEMA sobre el uso de la bioenergía y los problemas ambientales asociados (AEMA, 2008d).

Cabe señalar que algunos países, como Suiza, están tratando de introducir requisitos legislativos formales para que los productores e importadores de biocarburantes tengan en cuenta el ACV. Con ello se pretende abarcar todo el ciclo de producción, desde la siembra de las materias primas hasta el consumidor final en la gasolinera. También serán necesarios para demostrar que no se ha puesto en peligro la biodiversidad, los bosques ni los ecosistemas (FOEN, 2008).

### 1.6 Escenarios

Los escenarios actuales que se ilustran en la tabla 1.1 (tomados de los modelos POLES, WEM y PRIMES) ponen de manifiesto que es probable que muchas de estas presiones aumenten en el futuro en los escenarios de referencia si se incorporan las políticas y medidas actuales (véase el anexo 1 para obtener más información sobre los distintos modelos y escenarios). Todos los

escenarios de referencia muestran un aumento absoluto de los niveles de consumo de energía primaria, del 10 al 26% para 2030 (con respecto a 2005), con una cuota elevada de combustibles fósiles en todos los casos.

Cuando se aplican políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático, el incremento absoluto en el consumo de energía primaria es mucho menor y, en realidad, comienza a disminuir entre 2020 y

2030, debido principalmente a una mejora en la eficiencia energética. En estas circunstancias, cabe esperar un descenso de las presiones sobre el medio ambiente procedentes del sector energético debido a las importantes reducciones de la demanda de energía primaria y a las elevadas tasas de penetración de las energías renovables. Por tanto, es posible que para 2030 se alcancen unas reducciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> del orden del 20% al 30% con respecto a las de 2005.

**Tabla 1.1 Escenarios de consumo de energía primaria, importaciones y exportaciones de electricidad (Mtep) y emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía (Mt CO<sub>2</sub>), UE27**

Tipo (Mtep)	Real 2005	POLES 2006 (IPTS)				WEO 2007 (AIE)				PRIMES 2008 (CE)	
		Base de referencia		Reducción de GEI		Referencia		Política alternativa		Base de referencia	
		2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Carbón y lignito	320	354	367	212	168	299	275	195	142	342	336
Petróleo	666	647	657	576	524	677	670	635	595	702	708
Gas	445	552	516	508	428	547	610	509	529	505	516
Nuclear	257	262	336	293	320	194	159	266	230	221	206
Renovables + residuos industriales	121	332	415	351	461	227	291	259	348	197	237
Importaciones y exportaciones de electricidad	2	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	1	1
Consumo total de energía	1.810	2.147	2.291	1.941	1.901	1.944	2.006	1.863	1.844	1.968	2.005
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> relacionadas con la energía (Mt CO <sub>2</sub> )	3.982	4.359	4.341	3.463	2.757	4.133	4.176	3.508	3.244	4.253	4.264

Fuente: AEMA; Eurostat; IPTS, 2006; AIE, 2007a; CE, 2008f.

## 2 ¿Qué tendencias se observan en Europa con respecto a la combinación de fuentes de energía y qué consecuencias ambientales se derivan?

### *Mensajes principales*

El concepto de seguridad energética en Europa abarca una gran variedad de aspectos tales como la eficiencia energética, la diversificación del suministro energético, el aumento de la transparencia en cuanto a la demanda de energía y las ofertas de suministro, la solidaridad entre los Estados miembros de la UE, las infraestructuras y las relaciones exteriores. Junto con la eficiencia energética, el hecho de que la seguridad del suministro dependa de las importaciones de energía tiene consecuencias directas sobre el medio ambiente. Algunos de los vínculos existentes entre el medio ambiente y la dependencia de las importaciones de energía vienen determinados por la combinación de combustibles utilizados para proporcionar servicios energéticos, el nivel de demanda de los mismos y la rapidez con la que deben suministrarse. La reducción de la dependencia de las importaciones de energía puede tener efectos positivos o negativos para el medio ambiente, tanto dentro como fuera de la UE, según las fuentes de energía importadas y las que sean reemplazadas. En Europa, la mayor penetración de las fuentes de energía renovables en la combinación de fuentes de energía, unida a la sustitución del carbón por gas, ha originado una reducción de la contaminación atmosférica y de las emisiones de GEI relacionadas con la energía, pero también una mayor dependencia de las importaciones de gas. Sin embargo, estas ventajas ambientales se ven parcialmente contrarrestadas por el aumento del consumo energético y, más recientemente, también por la tendencia ascendente del uso del carbón en la producción de electricidad, dada la preocupación por la seguridad del suministro y por los altos e inestables precios de los combustibles fósiles importados.

1. El sistema energético actual de la UE depende en gran medida de los combustibles fósiles. La cuota de estos combustibles en el consumo total de energía disminuyó solo ligeramente entre 1990 y 2005: de alrededor del 83% al 79%.
2. En 2005, más del 54% de la energía primaria consumida fue importada, y esta dependencia de los combustibles fósiles importados ha seguido aumentando de forma constante (desde el 51% en 2000).
3. La dependencia del gas natural y el carbón está aumentando rápidamente. Las importaciones de gas natural representaban el 59% del consumo total de

energía primaria basada en el gas en 2005, mientras que las importaciones de energía primaria basada en la hulla alcanzaron el 42%. Las importaciones de petróleo representaban el 87% en 2005 (frente al 84% en 2000) debido al incremento sustancial de la demanda procedente del transporte, lo cual refleja la falta de alternativas reales de dicho sector y las bajas reservas petrolíferas de la UE.

4. Rusia suministró el 18,1% del consumo total de energía primaria de la UE27 en 2005 (frente al 13,3% en 2000), convirtiéndose en el principal exportador individual de energía hacia la UE. Rusia suministra el 24% del consumo de energía primaria basada en el gas y el 28% del consumo de energía primaria basada en el petróleo, y es el segundo mayor proveedor de carbón después de Sudáfrica, con el 10% del consumo de energía primaria basada en el carbón en 2005.
5. Entre 1990 y 2005, el consumo final de electricidad aumentó, por término medio, un 1,7% anual, mientras que el consumo de energía final solo aumentó un 0,6% anual.
6. En Europa se está produciendo un cambio en la combinación de fuentes de energía. Las energías renovables presentan la mayor tasa de crecimiento anual en el consumo total de energía primaria, con una media del 3,4% entre 1990 y 2005, seguidas del gas natural, con una tasa de crecimiento anual del 2,8% en el mismo período. La tasa de crecimiento anual del consumo de petróleo ha descendido, en especial en los últimos años, debido a que está siendo parcialmente sustituido por el gas y el carbón en la producción de electricidad.
7. La sustitución por el gas debido a las limitaciones ambientales (incluyendo las preocupaciones relacionadas con el cambio climático) y al rápido incremento de la demanda de electricidad, han reportado ciertas ventajas ambientales (reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>), pero han aumentado la dependencia de las importaciones de gas. El consumo de gas natural aumentó más del 30% entre 1990 y 2005.

Los escenarios de referencia extraídos de los modelos POLES, WEM y PRIMES muestran un aumento de la dependencia de la importación de combustibles fósiles, especialmente en el caso del gas, cuyas importaciones (como porcentaje del consumo de energía primaria basada en el gas) experimentarán un aumento, desde el 59% aproximadamente en 2005 hasta alcanzar el 84%, en 2030.

La cuota de importaciones de todos los combustibles fósiles sigue en aumento incluso en escenarios en los que se trabaja sobre la hipótesis de políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático. En estos escenarios, las mejoras en la eficiencia energética y la penetración de las energías renovables se producen con mayor rapidez, pero el efecto positivo se ve más que contrarrestado por la caída en la producción de combustibles fósiles autóctonos, con el consiguiente aumento de las importaciones para satisfacer la creciente demanda de energía.

### 2.1 Seguridad energética

El 13 de noviembre de 2008, la Comisión Europea presentó, en el contexto de la segunda revisión estratégica del sector de la energía, un Plan de Actuación de la Unión Europea para mejorar la seguridad y la solidaridad en el sector de la energía, centrado en cinco puntos, para abordar la creciente preocupación que suscita la seguridad del suministro energético. Además de la eficiencia energética, que es prioritaria en esta iniciativa, se incluyen medidas como la promoción de las infraestructuras necesarias y la diversificación de las fuentes de abastecimiento de energía, un puesto más importante para la energía en las relaciones internacionales de la UE, la mejora de las reservas de petróleo y gas y de los mecanismos de respuesta en caso de crisis, y el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos propios de la UE.

En este capítulo se aborda la cuestión de la seguridad energética, fundamentalmente desde la perspectiva de la diversificación de las fuentes de energía, ya que las distintas estrategias de suministro de energía tendrán consecuencias ambientales distintas. En los capítulos 4 y 6 se desarrollan otras perspectivas relacionadas con el papel de la eficiencia energética.

En la actualidad existe una gran discrepancia en el mercado energético mundial con respecto a la disponibilidad de los recursos naturales, particularmente en lo que atañe a los combustibles fósiles. Teniendo en cuenta el previsible aumento de la dependencia energética (sobre todo de combustibles fósiles), es primordial para la UE en su conjunto asegurar los suministros clave y las líneas de abastecimiento, especialmente en periodos de mercados energéticos restrictivos, aumento de la demanda global de energía y de una situación geopolítica compleja. Para mitigar los distintos riesgos asociados a la importación de combustibles fósiles y, al mismo tiempo, conseguir ventajas sociales y ambientales, la UE debe seguir esforzándose por reducir la demanda de servicios energéticos y aumentar la dependencia de recursos naturales que estén más ampliamente disponibles, como es el caso de las energías renovables (véanse también los capítulos 3, 4, 6 y 7).

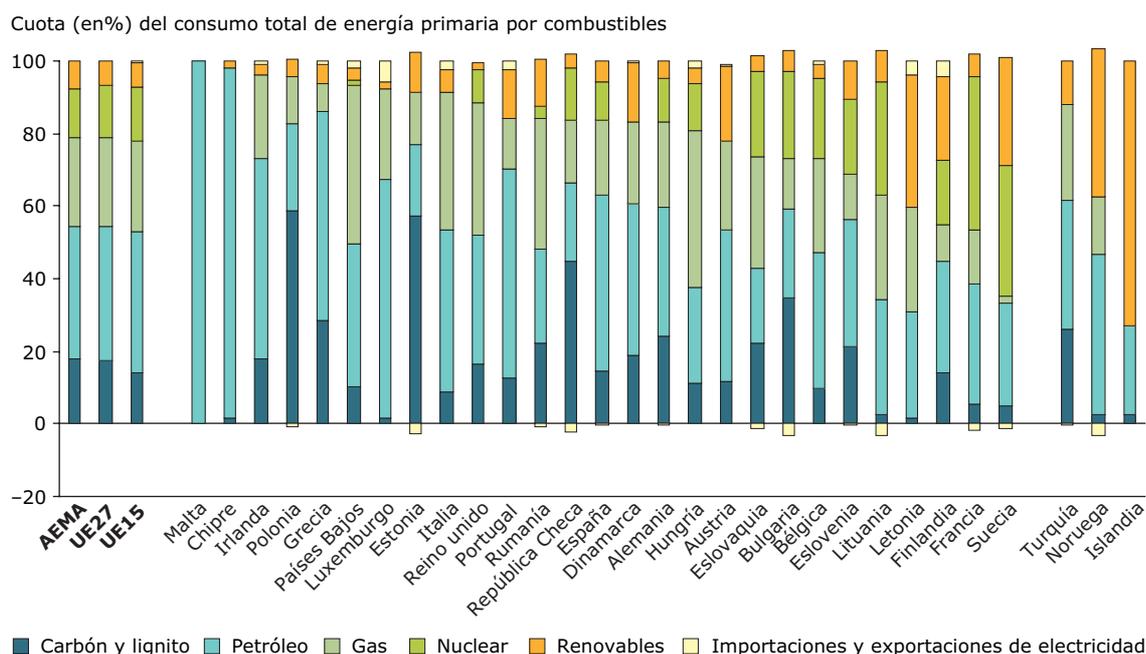
El renovado interés de Europa en la seguridad energética estuvo provocado tanto por factores internos como externos. Desde el punto de vista interno, el aumento de los precios de la energía, la disminución de la producción energética europea y un mercado energético interno fragmentado avivaron las preocupaciones sobre la capacidad que tiene Europa para asegurar el suministro energético en el futuro. En el exterior, la presión que ejercen las economías recientemente industrializadas, como China e India, sobre la demanda mundial, la continua inestabilidad de las zonas productoras de energía, la amenaza de atentados terroristas contra infraestructuras energéticas y, en ocasiones, las tensas relaciones con la Federación de Rusia, reforzaron la necesidad de gestionar los riesgos que acechan a la seguridad energética y actuar en consecuencia.

También resulta imprescindible estudiar los impactos sobre la seguridad energética teniendo en cuenta los precios cambiantes de la energía (que constituyen un motor primordial para la sustitución de la combinación de combustibles fósiles) y el desarrollo de las infraestructuras. Esto afecta, en particular, al gas natural licuado, que puede ofrecer mayor flexibilidad en el origen de las importaciones, pero también es necesario para consolidar vínculos en las infraestructuras energéticas europeas. Por ejemplo, Suiza trata de convertirse en un importante nodo central para la electricidad europea<sup>(18)</sup>. Sin embargo, se teme que muchas decisiones, por ejemplo las relativas a la compra de gas y petróleo a largo plazo (para compensar el alza de los precios al contado) o los (bajos) niveles de financiación de las infraestructuras, se tomen exclusivamente en el ámbito nacional, lo que dificultaría la coordinación de un planteamiento comunitario con respecto a objetivos múltiples y potencialmente conflictivos (seguridad energética, medio ambiente y competitividad) (CRS, 2008).

La combinación en el consumo de energía primaria (por tipo de combustible) varía considerablemente entre países, lo cual está fuertemente ligado a la noción de seguridad energética, a causa de la dependencia de las importaciones (véase la figura 2.1). En un extremo de la escala, Malta y Chipre satisfacen prácticamente todas sus necesidades de suministro de energía primaria mediante las importaciones de petróleo, mientras que en el otro, Suecia cubre tan solo el 35% de su demanda de energía primaria a partir de combustibles fósiles, la mayoría de los cuales se importan. Esto contrasta con el conjunto de la UE27, donde el 79% del consumo de energía primaria procede del gas, el petróleo y el carbón, en una proporción del 24,6%, 36,7% y 17,7%, respectivamente.

Entre 2000 y 2005 se registró un aumento de la dependencia de la UE de las importaciones de combustibles fósiles de países no pertenecientes a la UE (véase la figura 2.2). El volumen total de importaciones

<sup>(18)</sup> Véanse, por ejemplo, los acuerdos bilaterales: Suiza-UE, disponibles en [www.europa.admin.ch/](http://www.europa.admin.ch/).

**Figura 2.1** Cuota del consumo total de energía primaria por combustibles y por países en 2005

**Nota:** Las cuotas negativas de electricidad corresponden a las exportaciones y las positivas a las importaciones.

**Fuente:** Eurostat; AIE

de gas natural, carbón y crudo, con respecto al consumo total de energía primaria, aumentó del 50,8% en 2000 al 54,2% en 2005. El gas natural y el carbón mostraron el mayor incremento, con un crecimiento de alrededor del 7% en las importaciones, con respecto al consumo total primario de cada tipo de combustible. La diversidad de países de los cuales importa la UE es menor para el gas natural, seguido del crudo y el carbón. El principal exportador individual de energía hacia la UE es Rusia, que suministró el 18,1% del consumo total de energía primaria de la UE en 2005 (frente al 13,3% en 2002). Es el mayor exportador individual de gas y crudo y el segundo (después de Sudáfrica) de carbón. El segundo mayor exportador de petróleo y gas es Noruega, que suministra el 9% de la energía primaria consumida en la UE.

No sorprende, por tanto, que el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los combustibles importados fuera elevado en 2005. Alrededor del 40% de las emisiones asociadas al carbón se deben al carbón importado; cerca del 60% de las emisiones asociadas al gas natural se deben a las importaciones de gas, y cerca del 90% de las emisiones asociadas al petróleo se deben al petróleo importado (véase la figura 2.3).

También cabría tomar en consideración la disponibilidad de las reservas de uranio, dados los debates que tienen lugar actualmente en Europa. En la actualidad, la producción de uranio cubre alrededor del 60% de las necesidades de los reactores de todo

el mundo, mientras que el resto debe obtenerse a partir de las reservas de uranio natural, las reservas de uranio enriquecido, el uranio reprocesado a partir del combustible gastado y el re-enriquecimiento de los residuos de uranio empobrecido. La mayoría de los recursos secundarios están ahora en retroceso, y el déficit deberá cubrirse, cada vez más, con nueva producción de uranio. La disponibilidad de uranio presenta notables variaciones en todo el mundo. Por ejemplo, Australia y Canadá juntos suman cerca del 45% de la producción total de uranio, mientras que la otra mitad se reparte entre Kazajstán, América del Norte, Rusia, Níger y Ucrania, con el 15%, 14%, 10%, 5% y 4%, respectivamente, de la cuota de reservas de 2006<sup>(19)</sup> (OCDE/OIEA, 2008).

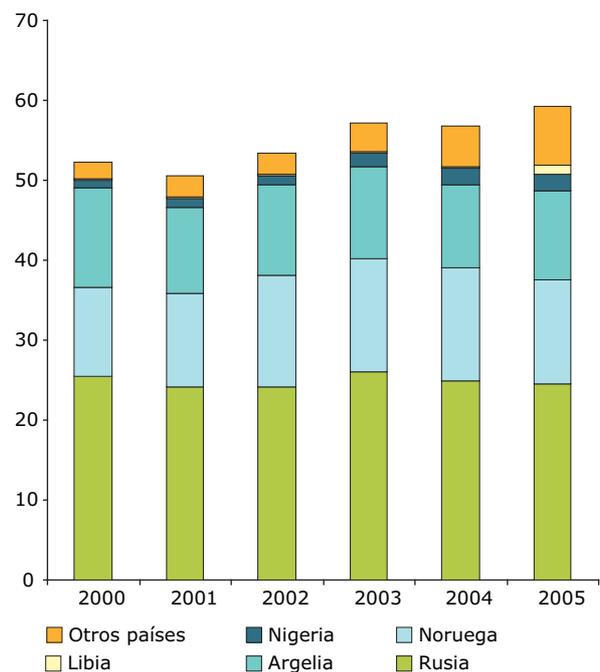
El nivel de las importaciones viene determinado por varios factores, entre ellos la evolución de la demanda de energía final (véase también el capítulo 6) y la eficiencia del sistema energético (véase también el capítulo 4).

El nivel absoluto del consumo de energía final en Europa aumentó en el período 1990-2005, con una tasa de crecimiento medio anual del 0,6%, si bien sufrió una aceleración especialmente a partir de 1999. El consumo final de electricidad aumentó incluso más rápidamente (con una tasa de crecimiento medio anual del 1,7% en el mismo período) y también se aceleró a partir de 1999. Uno de los motivos de este elevado consumo eléctrico

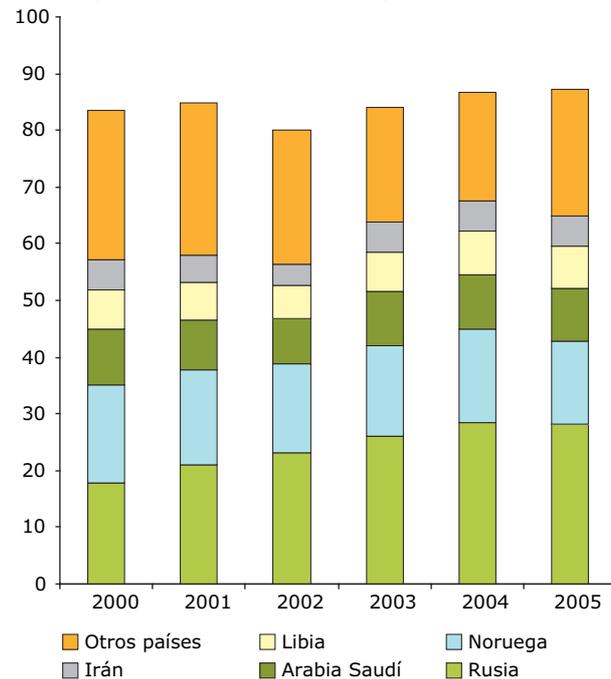
<sup>(19)</sup> Cantidad de uranio convencional que se puede extraer por menos de 130 USD/kg. En 2006 estas reservas se calcularon en 5,5 millones de toneladas.

**Figura 2.2 Importaciones en la UE27 de gas natural, crudo y hulla y la suma de todas ellas, por país de origen, como porcentaje del consumo de energía primaria**

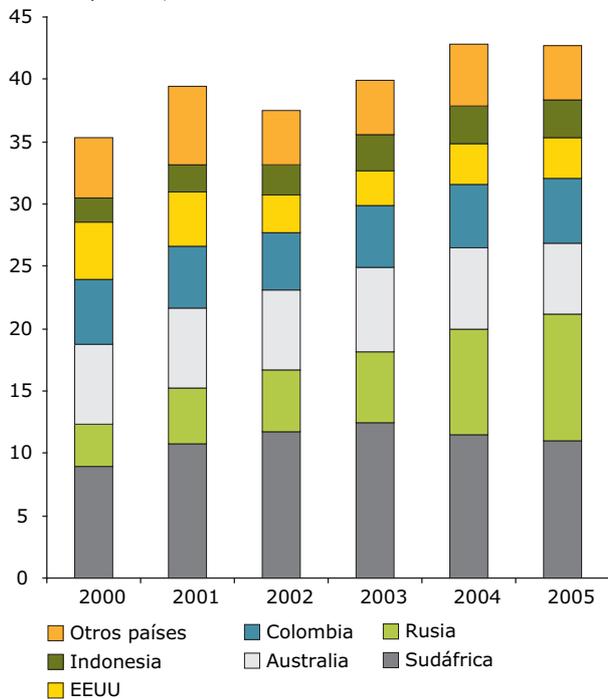
Gas natural importado, como % del CIBE de gas



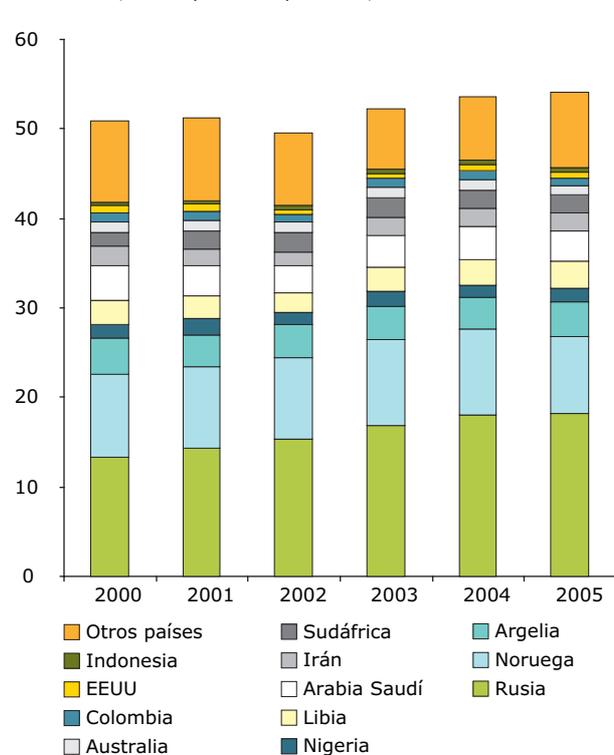
Crudo importado, como % del CIBE de petróleo



Hulla importada, como % del CIBE de combustibles sólidos



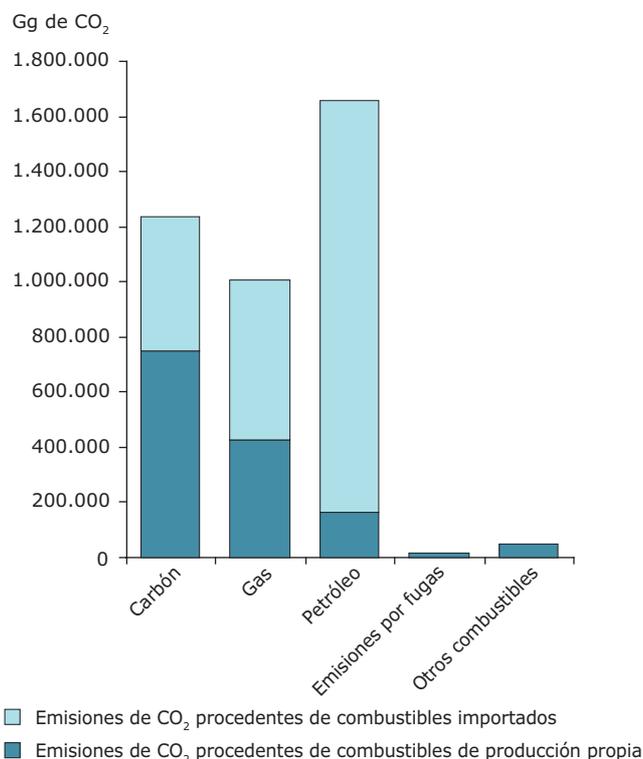
Gas natural, crudo y hulla importados, como % del total



**Nota:** CIBE = Consumo Interior Bruto de Energía o consumo de energía primaria (GIEC, *Gross Inland Energy Consumption*).

**Fuente:** Eurostat.

**Figura 2.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> en la UE27, por combustible y por origen del mismo (producción propia frente a importado) en 2005**



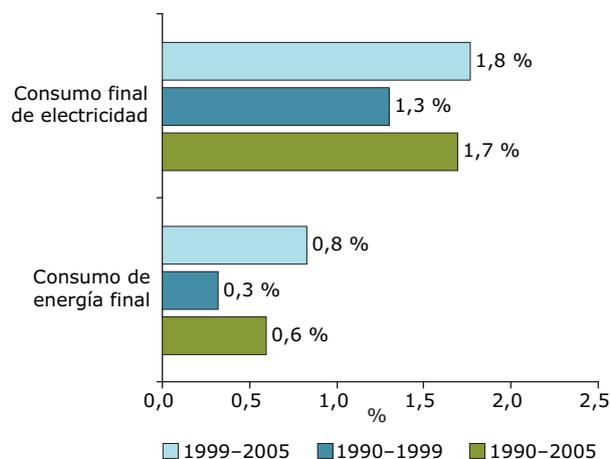
**Nota:** El gráfico tiene en cuenta que los factores de emisión implícitos a los combustibles varían en función del combustible. Todas las emisiones por fugas proceden de los combustibles propios; «otros combustibles» excluye el CO<sub>2</sub> procedente de la combustión de biomasa en las centrales eléctricas.

**Fuente:** AEMA.

es que la electricidad constituye un producto básico versátil, que puede utilizarse para una gran variedad de servicios energéticos. El consumo final de electricidad en los hogares y en el sector servicios está provocado, en buena parte, por una mayor posesión de aparatos eléctricos y equipos informáticos; y en la industria, por el menor coste de la electricidad en relación con otros combustibles (aunque esta tendencia ha comenzado a invertirse en los últimos años). Las tendencias en el consumo final de energía y electricidad se recogen en las figuras 2.4, 2.5 y 2.6 (para más información sobre las tendencias en el consumo final de energía de los hogares, véase también el capítulo 6).

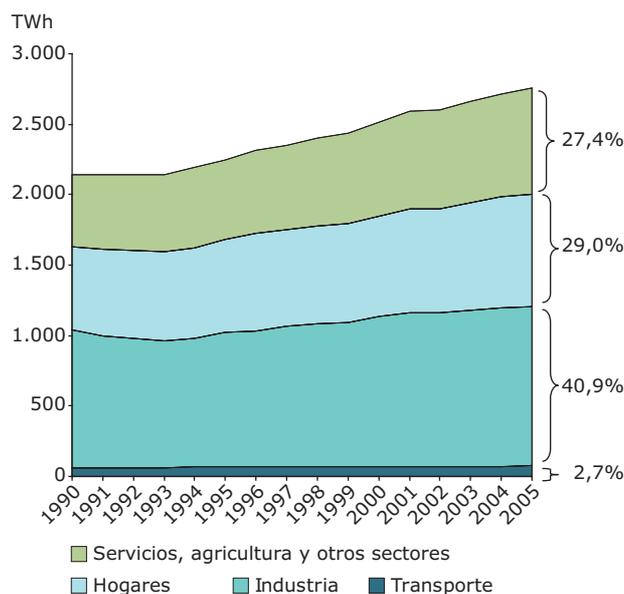
Durante el período 2004-2005, el consumo de energía final en la UE27 experimentó un descenso del 0,3% aunque, en términos generales, entre 1990 y 2005 aumentó un 9,3%. Dicho incremento contrarresta, en cierta medida, las reducciones del impacto ambiental de la producción de energía (en términos de disminución de las emisiones de GEI), que fueron posibles gracias a los cambios en la combinación de combustibles y a las mejoras tecnológicas. Durante dicho período, el

**Figura 2.4 Cambio medio anual en el consumo de energía final y electricidad en la UE27, 2005**



**Fuente:** Eurostat.

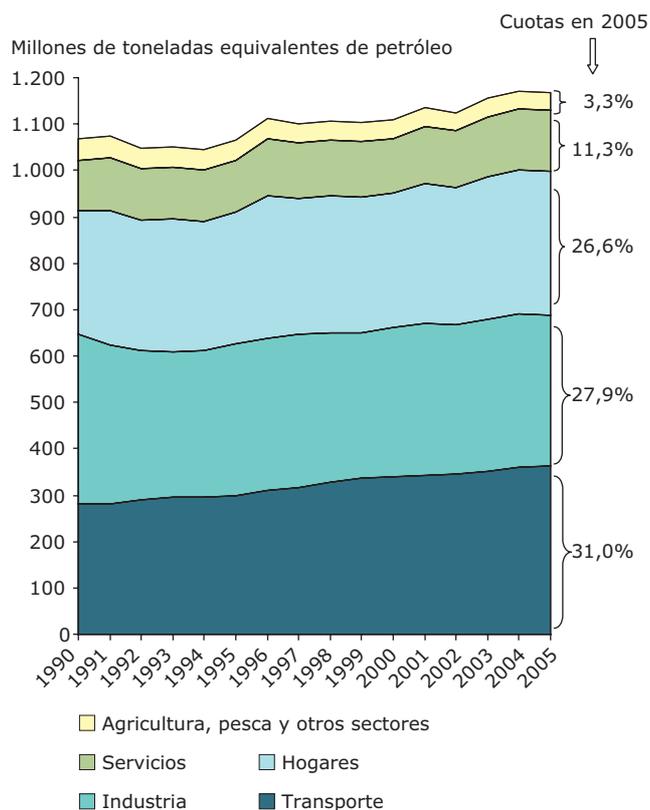
**Figura 2.5 Consumo final de electricidad por sector, UE27**



**Fuente:** Eurostat.

sector que registró un crecimiento más rápido fue el transporte (seguido de los hogares y el sector servicios), con un incremento medio del 1,7% anual. En estos momentos es el mayor consumidor de energía final. Esta tendencia se ha visto impulsada por el aumento del número de vehículos, así como por el aumento del volumen del transporte de mercancías y de la demanda del transporte aéreo. Entre 1990 y 2005, el consumo de energía final de la industria se redujo un 12,5% por término medio, pero la mayor parte de estas reducciones tuvieron lugar durante la recesión económica de principios del decenio de los noventa.

**Figura 2.6 Consumo de energía final por sector, UE27**



Fuente: Eurostat.

El consumo *per cápita* de electricidad varía enormemente de unos países a otros, siendo menor en algunos nuevos Estados miembros y en algunos países meridionales (Rumanía, Lituania, Letonia, Polonia, Hungría y Portugal). Aunque el uso del aire acondicionado en los países del sur de Europa contribuye al gran incremento del consumo eléctrico que se experimenta durante los meses de verano, el

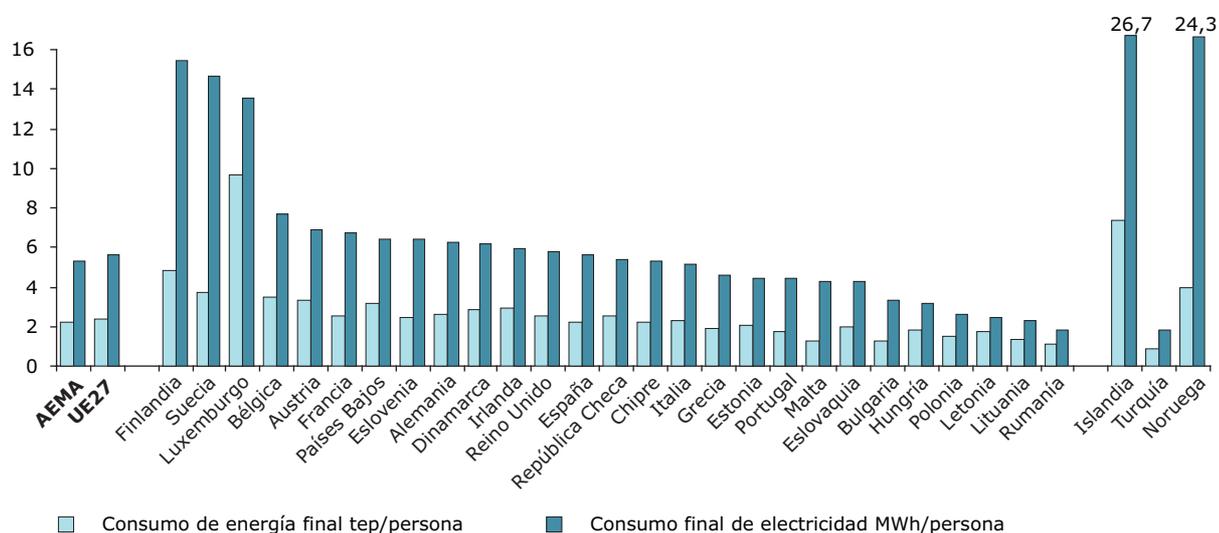
mayor consumo energético *per cápita* se registra en los países más septentrionales con clima más frío (Noruega, Islandia, Suecia y Finlandia). En estos países, una gran parte de las necesidades globales de calefacción se satisfacen mediante calefacción eléctrica combinada con la producción de calor a partir de otras fuentes de energía, en su mayoría renovables. El consumo medio *per cápita* de electricidad en la UE27 es casi 2,5 veces superior a la media mundial.

## 2.2 ¿Se ha producido un cambio en la combinación de combustibles para la producción de energía?

Durante el período 1990–2005, el consumo total de energía primaria experimentó un incremento medio anual del 0,6%, aunque se aceleró a partir de 1999 (véase la figura 2.8). A lo largo de dicho período, las energías renovables, la nuclear y el gas natural experimentaron un crecimiento medio anual constante dentro del consumo global. La cuota de carbón en el consumo total de energía primaria disminuyó en ese período, pero esta tendencia se ha invertido en los últimos años. El aumento de la cuota de petróleo en el consumo total de energía primaria se ha ralentizado en los últimos años debido al descenso de su uso para la producción de electricidad y, posiblemente, a los primeros impactos de los acuerdos voluntarios de las asociaciones de fabricantes de vehículos relativos a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

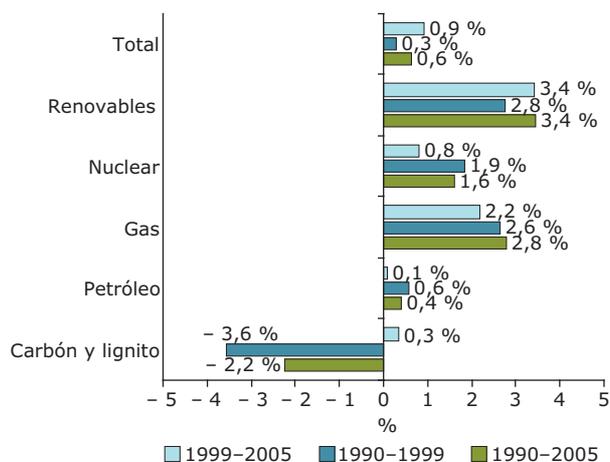
Entre 1990 y 2005, la cuota de los combustibles fósiles en el consumo total de energía disminuyó solo ligeramente: del 83% aproximadamente, al 79% (véase la figura 2.9). No obstante, el medio ambiente se ha beneficiado de un importante cambio en la combinación de combustibles, debido, principalmente, a la sustitución de combustibles para la producción de

**Figura 2.7 Consumo de energía final y electricidad *per cápita*, 2005**



Fuente: AEMA; Eurostat; AIE

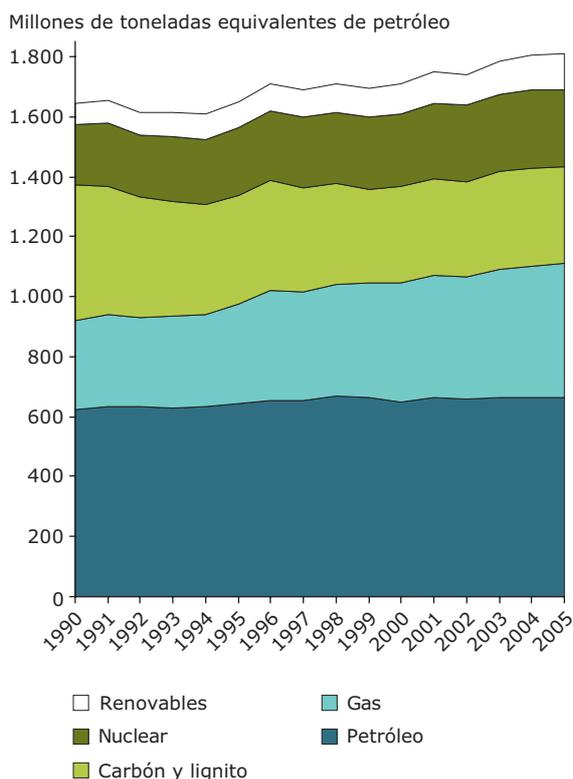
**Figura 2.8 Cambio medio anual en el consumo total de energía primaria, por combustible, UE27**



Fuente: Eurostat.

electricidad: el carbón ha perdido cerca de una tercera parte de su cuota de mercado y ha sido reemplazado por el gas natural, relativamente más limpio, que ahora cuenta con una cuota del 24% en el consumo total de energía primaria. No obstante, el uso del carbón volvió a subir a partir de 1999 debido al aumento que se produjo en los precios del gas y a la creciente preocupación por la seguridad del suministro.

**Figura 2.9 Consumo total de energía primaria por combustible, UE27**

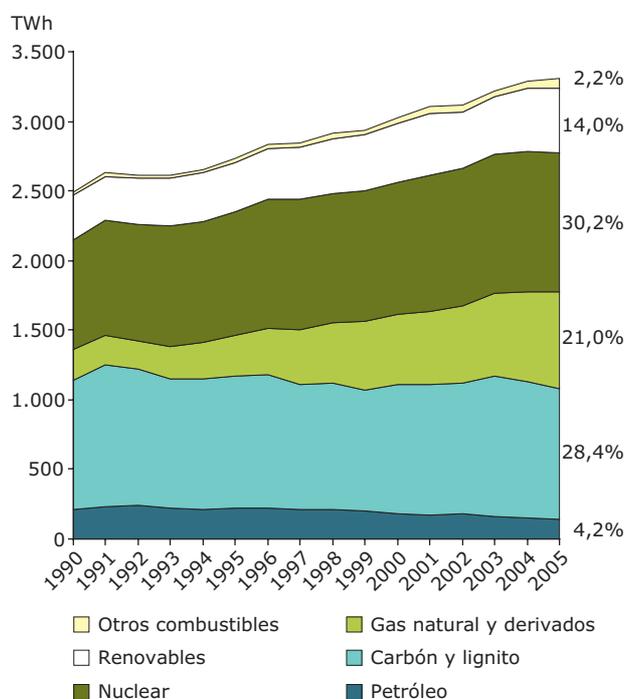


Fuente: Eurostat.

En 2005, el petróleo representaba aproximadamente el 37% del consumo total de energía y seguía siendo la principal fuente de combustible en el sector del transporte. Este aumento del uso del petróleo, que se inició en 1990, se ha debido principalmente al aumento de la demanda de gasolina y gasóleo en el sector del transporte, aunque se ha contrarrestado en parte por el descenso de su uso en el sector de la producción de electricidad.

Las energías renovables comenzaron con niveles bajos y, pese al creciente apoyo que han recibido a escala nacional y comunitaria, su contribución al consumo total de energía sigue siendo baja: un 6,7% del consumo de energía primaria en 2005.

**Figura 2.10 Producción de electricidad por combustible, UE27**



**Nota:** Los datos que se muestran corresponden a la producción bruta de electricidad e incluyen tanto la de las centrales de suministro público como la de los autoprodutores. Las renovables incluyen la electricidad producida por las hidroeléctricas (excepto bombeo), biomasa, residuos municipales, geotérmica, eólica y solar fotovoltaica. La cuota de renovables en este gráfico corresponde a la producción y, por tanto, no corresponde a la cuota por consumo, tal y como exige la Directiva 2001/77/CE. La diferencia entre ambas cuotas corresponde al balance neto entre importaciones y exportaciones de electricidad. El valor de la UE27 para 1990 incluye solo la antigua Alemania occidental, y desde 1991 se refiere a Alemania. Más de la mitad del aumento en la producción de electricidad registrado en la UE27 en 1991 correspondió, exclusivamente, a Alemania, en comparación con el 10% (solamente) registrado en el período 1991-2005. «Otros combustibles» incluyen la electricidad producida en centrales que no se recogen dentro de ningún otro concepto, como por ejemplo las que utilizan combustibles procedentes de ciertos tipos de residuos industriales. También incluye la electricidad generada en las centrales hidroeléctricas.

Fuente: Eurostat.

La cuota de energía nuclear crece lentamente, con un 14,2% del consumo total de energía primaria en 2005. Dicho aumento fue menos acusado que durante el decenio de los ochenta, debido al reducido número de centrales nuevas que entraron en funcionamiento, a la vez que se desmantelaban otras más antiguas.

El cambio hacia combustibles menos contaminantes se produjo principalmente en la producción de energía eléctrica (véase la figura 2.10), gracias a una combinación de factores como la liberalización del mercado, el aumento de las infraestructuras del gas y la legislación ambiental. La presión competitiva que introdujo en el mercado el proceso de liberalización hizo que en el decenio de los noventa fueran más populares las tecnologías a gas, debido al precio más bajo del combustible, la flexibilidad y los menores costes de inversión. En términos generales, estos cambios condujeron a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y sustancias acidificantes (como se señala en los apartados 1.1 y 1.2). Sin embargo, el continuo aumento del consumo de energía ha contrarrestado algunas de estas mejoras.

En la UE27, la producción de electricidad a partir de combustibles nucleares entre 1990 y 2005 siguió creciendo, en términos absolutos. Sin embargo, su tasa de crecimiento fue más lenta que la correspondiente a la producción eléctrica total. Esto significa que su cuota de producción total cayó ligeramente, hasta el 30,2% en 2005. Más recientemente, las preocupaciones relacionadas con el medio ambiente, la seguridad del suministro y los altos precios de la energía han reabierto el debate sobre las perspectivas de la energía nuclear en Europa.

Las fuentes renovables también contribuyen de forma importante a la producción de electricidad y, de hecho,

su cuota creció durante este período hasta alcanzar el 14% en 2005. La caída que sufrieron en 2002 y 2003 se debió principalmente al descenso en la producción de energía hidroeléctrica causado por el descenso de las precipitaciones. El carbón y el gas mantienen una cuota elevada en la producción de electricidad, cercana al 50%, y el gas natural avanza a ritmo acelerado.

### 2.3 Escenarios

Los escenarios de referencia muestran una dependencia creciente de las importaciones en la mayor parte de los combustibles fósiles, especialmente el gas, con una previsión de aumento de éstas (como porcentaje del consumo de energía primaria) desde un 59% en 2005 hasta el 84% en 2030.

Incluso en aquellos escenarios en los que se aplican políticas más estrictas en materia de energía y cambio climático (reflejados en este informe en el escenario de reducción de los GEI del modelo POLES, o el escenario de políticas alternativas del modelo WEM), el porcentaje de importaciones de gas sigue creciendo con respecto al consumo total de energía primaria y la situación de las importaciones de petróleo es similar. En estos escenarios, las mejoras en la eficiencia energética y la penetración de las energías renovables se producen con mayor rapidez, pero su efecto positivo se ve más que contrarrestado por la caída en la producción de combustibles fósiles autóctonos, lo que se traduce en que para satisfacer la demanda creciente de energía se recurre a la importación de combustibles fósiles. En estos escenarios, la cuota de importaciones de carbón comienza a disminuir y su cuota en la producción de electricidad se está reduciendo gradualmente, debido a que los objetivos relacionados con la reducción de emisiones son más estrictos y los precios de este combustible son más elevados.

**Tabla 2.1 Importaciones netas en la UE27 como porcentaje del consumo de energía primaria (excepto la nuclear)**

Tipo	Real 2005	POLES 2006 (IPTS)				WEO 2007 (AIE)				PRIMES 2008 (CE)	
		Base de referencia (%)		Reducción de GEI (%)		Referencia		Política alternativa		Base de referencia (%)	
		2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Carbón y lignito	0,0 %	44	47	40	41	n/d	n/d	n/d	n/d	58,5	62,5
Petróleo	0,0 %	87	92	86	93	n/d	n/d	n/d	n/d	101	103
Gas	0,0 %	74	79	73	76	n/d	n/d	n/d	n/d	77	84
Importaciones y exportaciones de electricidad (% del consumo final)	0,9 %	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0,3	0,3
Consumo total de energía primaria	0,0 %	52,5	51,7	49,0	46,3	n/d	n/d	n/d	n/d	66,0	68,4

**Nota:** Las importaciones netas según el modelo PRIMES se han calculado como un porcentaje del consumo de energía primaria. No se incluye el transporte.

**Fuente:** IPTS, 2006; AIE, 2007a; CE, 2008f.

## 3 ¿Con qué rapidez se están aplicando las tecnologías de energías renovables?

### *Mensajes principales*

El impacto ambiental de las tecnologías de energías renovables suele ser inferior al producido por los combustibles fósiles, pero existen dudas acerca de la sostenibilidad ambiental de ciertos tipos de biocarburantes. Aunque en los últimos años han alcanzado altas tasas de crecimiento, es necesario aplicar nuevas medidas para alcanzar los objetivos propuestos para 2020.

1. En 2005, las energías renovables representaban el 6,7% del consumo total de energía primaria en la UE27, cuota que era del 4,4% en 1990. Durante este mismo período, la cuota de energías renovables en el consumo final también se incrementó, pasando del 6,3% en 1991 hasta el 8,6% en 2005.
2. La energía eólica sigue siendo dominante, con el 75% de la capacidad total de renovables instalada en 2006 (excluyendo la electricidad procedente de las grandes centrales hidroeléctricas y de la biomasa). El mayor crecimiento se produjo en Alemania, España y Dinamarca, que contribuyeron con un 74% de toda la capacidad eólica instalada en la UE27 en dicho año. También en ese año, solo en Alemania se instalaron el 89% de los sistemas de energía solar fotovoltaica y el 42% de los de energía solar térmica.
3. La cuota de las energías renovables en el consumo de energía final varía significativamente de unos países a otros: del 25% en Suecia, Letonia y Finlandia a menos del 2% en el Reino Unido, Luxemburgo y Malta. Los nuevos Estados miembros presentaron las mayores cuotas de crecimiento, con aumentos de más de 10 puntos porcentuales en Estonia, Rumanía, Lituania y Letonia.
4. Entre 1990 y 2005, la producción de electricidad a partir de energías renovables aumentó en términos absolutos (una media del 2,7% anual), pero el importante crecimiento del consumo eléctrico contrarrestó parcialmente estos logros positivos y redujo la cuota de los SER en el consumo eléctrico bruto a solo el 14,0% en 2005.

Los escenarios de referencia extraídos de los modelos POLES, WEM y PRIMES muestran que se espera un aumento de la cuota de energías renovables en el consumo de energía primaria que oscila entre el 10% para 2020 y el 18% para 2030. En los escenarios que aplican políticas más estrictas para reducir las emisiones de GEI y que promocionan los SER y la

eficiencia energética, se prevén cuotas mayores de energías renovables en el consumo de energía primaria, que oscilarían entre el 13% en 2020 y el 24% en 2030. Esta creciente cuota se sustenta también en mejoras más rápidas de la eficiencia energética, encaminadas a reducir el consumo en términos absolutos. Las estimaciones varían sustancialmente según el modelo utilizado y el escenario específico elegido, dado que los distintos escenarios parten de hipótesis diferentes relativas a los costes de las diversas tecnologías, los precios del carbono y la rapidez de las mejoras de la eficiencia energética.

Para alcanzar los nuevos objetivos propuestos en materia de energías renovables, se requiere un importante esfuerzo a fin de pasar de los niveles actuales (8,5% del consumo de energía final en 2005) al objetivo del 20% de energías renovables en el consumo de energía final para 2020. Para ello, 15 Estados miembros deberán incrementar su cuota nacional de energías renovables en el consumo de energía final en más de 10 puntos porcentuales con respecto a los niveles de 2005. Una reducción sustancial de la demanda de energía final ayudará a que Europa alcance el objetivo fijado para las energías renovables.

### **3.1 El desarrollo de las energías renovables**

Ya existen varias directivas sobre energías renovables, entre ellas la Directiva relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables (CE, 2001b) y la Directiva relativa al fomento de biocarburantes (CE, 2003b). Además, se prevé que se apliquen nuevas políticas en el ámbito nacional tras la adopción del paquete de medidas sobre la energía y el cambio climático propuesto por la Comisión en enero de 2008, el cual incluye un objetivo global del 20% para las energías renovables en el consumo de energía final. Se ha admitido que los buenos resultados en el desarrollo de las tecnologías de energías renovables dependen en gran medida de los recursos naturales y de las circunstancias socioeconómicas específicas de cada Estado miembro. Por este motivo, la nueva política propuesta por la UE para la promoción de las energías renovables deja a los Estados miembros que decidan cómo distribuir sus objetivos nacionales entre los sectores del calor y la electricidad.

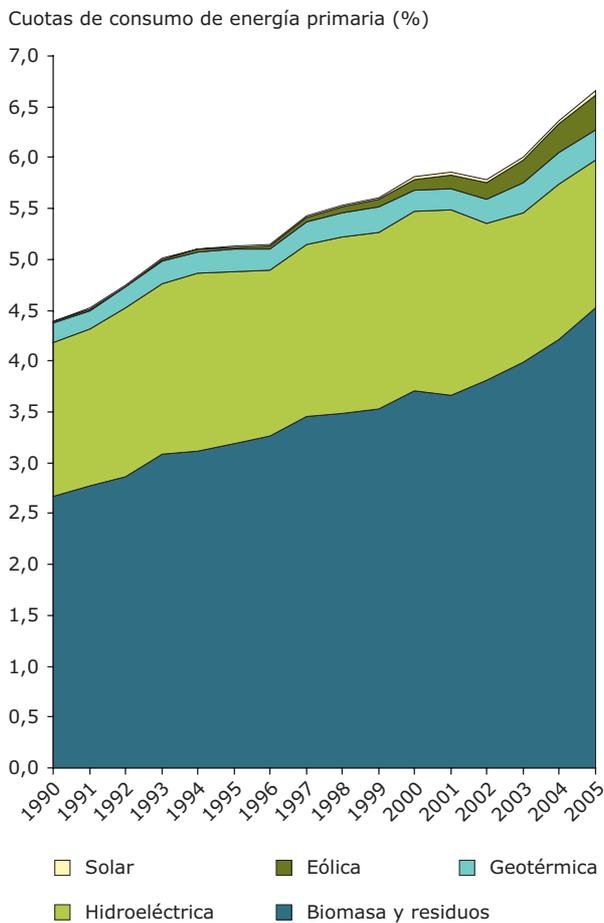
La cuota de fuentes renovables en el consumo de energía primaria en la UE27 aumentó lentamente, desde el 4,4% en 1990 hasta el 6,7% en 2005. Este desarrollo

condujo a una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> (véase la figura 1.8 del capítulo 1). Sin embargo, el crecimiento en el consumo global de energía en términos absolutos ha contrarrestado algunas de las ventajas ambientales derivadas del mayor uso de las energías renovables. Las energías solar y eólica experimentaron el incremento más destacable. En términos absolutos, cerca del 80% del incremento procede de la biomasa. A pesar de los progresos, es necesario que se produzca un crecimiento significativo para alcanzar en 2010 el objetivo indicativo de la UE de una cuota de energías renovables del 12% del consumo de energía primaria.

La existencia de un marco político sólido, con unos plazos y unos objetivos claros, también resulta útil para transmitir las señales adecuadas a los inversores. Por ejemplo, en Dinamarca casi toda la energía renovable se genera a partir del viento y la biomasa. Su desarrollo ha sido posible gracias a una combinación de impuestos y subvenciones que han favorecido a las

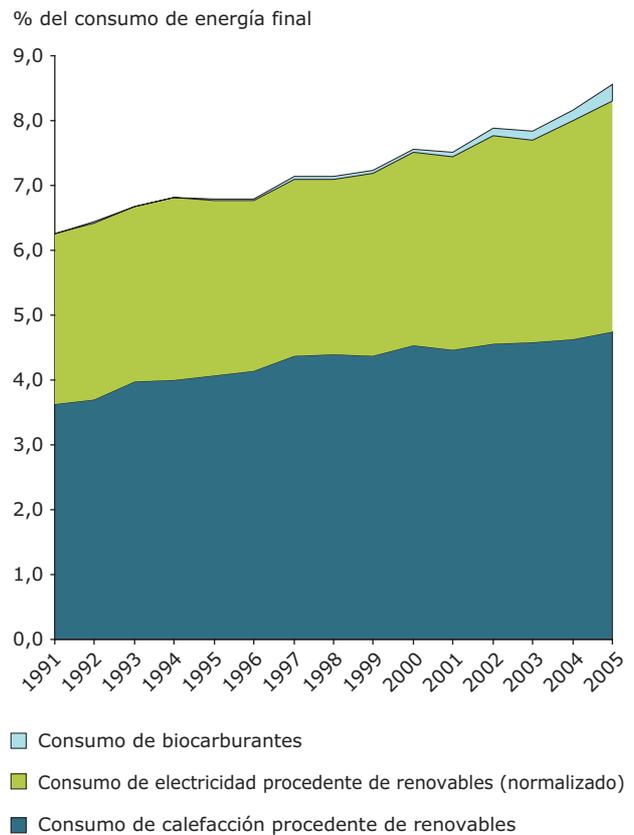
energías renovables frente a los combustibles fósiles. En la actualidad, las energías renovables representan el 16% del consumo de energía primaria en dicho país. El fuerte crecimiento de la energía eólica registrado en Alemania se debe, principalmente, a una tarifa favorable de conexión a la red. Letonia, Finlandia y Suecia cuentan con unas contribuciones especialmente altas de la biomasa y los residuos, con una cuota total de energías renovables en el consumo de energía primaria del 36%, el 23% y el 30%, respectivamente. En Letonia, esto se debe a la elevada disponibilidad de madera de bajo coste y de residuos de madera para la calefacción (EREC, 2004). En Suecia, a principios del decenio de los noventa se introdujeron una serie de medidas específicas de apoyo, como una política de impuestos favorable a los combustibles no fósiles, junto con subvenciones de ayuda a las centrales de cogeneración y a las instalaciones de calefacción colectivas a base de biomasa (Johansson, 2001).

**Figura 3.1 Contribución de las energías renovables al consumo de energía primaria en la UE27**



Fuente: Eurostat.

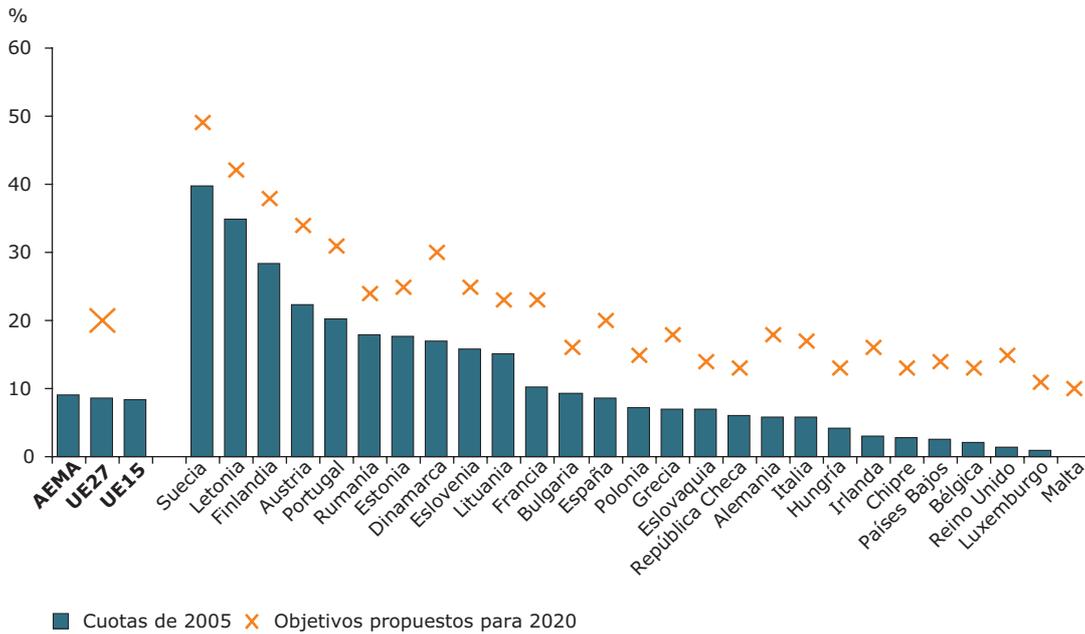
**Figura 3.2 Contribución de las energías renovables al consumo de energía final en la UE27**



**Nota:** La energía hidroeléctrica se calculó según la nueva metodología propuesta en el paquete de medidas CARE (media de 15 años). Cabe señalar que la metodología final puede estar sujeta a otros cambios.

Fuente: Eurostat.

**Figura 3.3 Participación de las energías renovables en el consumo de energía final por Estado miembro (datos de 2005)**



**Nota:** Los objetivos propuestos en la CE (2008) son provisionales y pueden estar sujetos a cambios.

**Fuente:** Eurostat.

Gracias a estas medidas de apoyo, la capacidad instalada experimentó un fuerte crecimiento, con Alemania y España a la cabeza en cuanto a instalaciones eólicas y Alemania y Suecia en lo referente a la capacidad instalada de energía solar térmica y tecnologías de bombas de calor, respectivamente (véase la figura 3.6).

La cuota de fuentes de energía renovables en el consumo de energía final ha ido creciendo paulatinamente desde 1990 hasta alcanzar el 8,6% en 2005. La evolución de la producción de calor mediante energías renovables se produjo principalmente gracias al incremento en el uso de la biomasa en la CEP y, en menor medida, a la tecnología de bombas de calor y a la energía solar térmica. La cuota de biocarburantes en el transporte por carretera solo comenzó a crecer de forma significativa a partir de 2000, en respuesta a los nuevos objetivos de la UE (CE, 2003b).

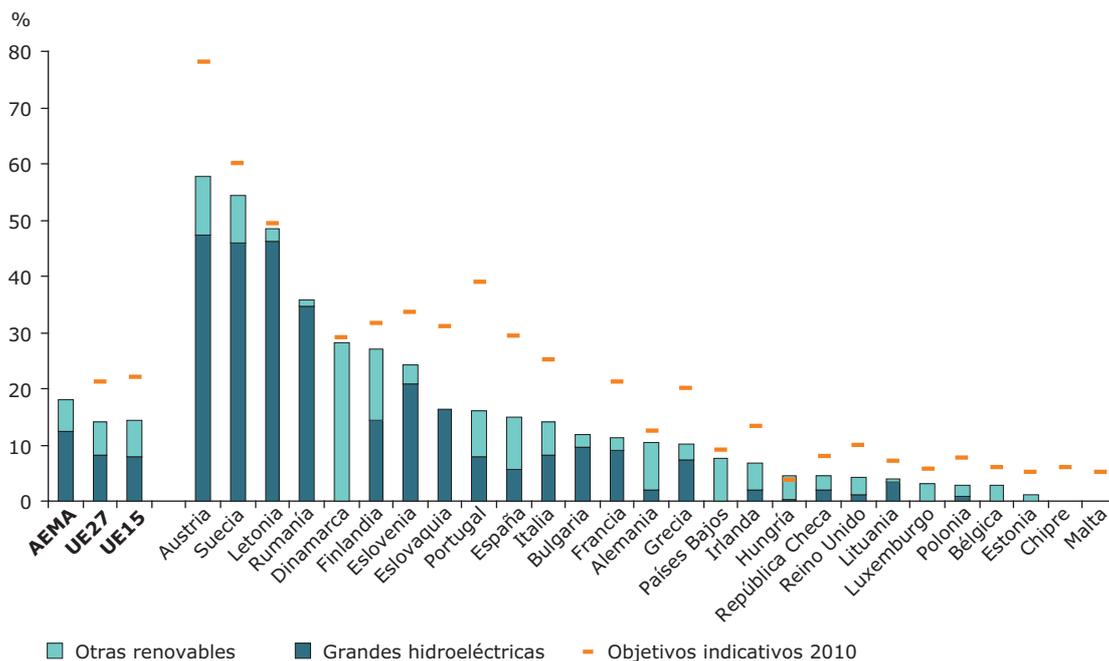
El porcentaje de energías renovables en el consumo de energía final varía de unos países a otros: desde casi el 40% en el caso de Suecia hasta prácticamente cero en el otro extremo de la escala. Sin embargo, esta visión global enmascara los notables progresos realizados en muchos Estados miembros a partir de 1991. Por ejemplo, durante ese mismo período, Letonia, Lituania, Rumanía y Estonia incrementaron su cuota absoluta por encima del 10%. Diez Estados miembros duplicaron su cuota de renovables en el consumo de energía final; Bulgaria, la República Checa, Eslovaquia, Chipre y Lituania multiplicaron su cuota por cuatro, aunque

partían desde unos valores de base relativamente bajos. No obstante, entre 1991 y 2005, las cuotas de un pequeño número de Estados miembros disminuyeron debido, principalmente, a una combinación del rápido crecimiento del consumo de energía final y de las fluctuaciones en la producción de energía hidroeléctrica por el descenso de las precipitaciones.

Las grandes hidroeléctricas (> 10 MW) siguen predominando en la producción de electricidad renovable en la mayoría de los Estados miembros, con una cuota aproximada equivalente a dos terceras partes del total en la UE27 en 2005, frente al 17% procedente de biomasa y residuos, el 15% de energía eólica y el resto de energía geotérmica (1,2%) y solar (0,3%). Existen importantes diferencias en la cuota de energías renovables entre los Estados miembros de UE27: en 2005, Austria, Suecia y Letonia alcanzaron las mayores cuotas de electricidad renovable en su consumo bruto de electricidad, incluida la producida por las grandes centrales hidroeléctricas. Dinamarca muestra la mayor cuota de electricidad renovable si no se contabilizan las grandes hidroeléctricas.

El crecimiento de la mayoría de las formas de energías renovables se aceleró especialmente después del año 2000. El crecimiento de la energía solar fotovoltaica se debió en buena parte a los avances llevados a cabo en Alemania, y el crecimiento de la energía geotérmica a los avances en Suecia y Alemania (concretamente a sus grandes instalaciones de bombas de calor). El crecimiento de la energía eólica se ralentizó a partir del

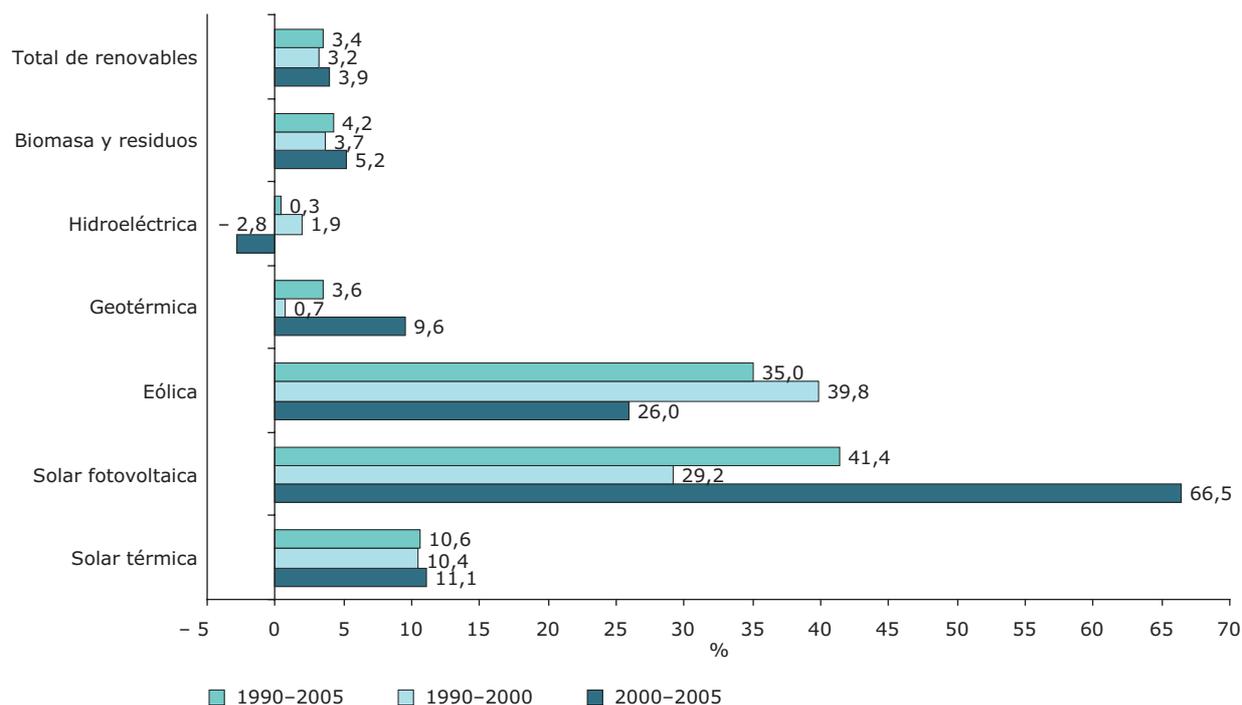
**Figura 3.4 Participación de la electricidad procedente de renovables en el consumo eléctrico bruto (datos de 2005), UE27**



**Nota:** La Directiva sobre electricidad renovable (2001/77/CE) define la electricidad renovable como la cuota que corresponde a la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el consumo eléctrico total. Este último incluye las importaciones y exportaciones de electricidad. La electricidad generada por bombeo en las centrales hidroeléctricas se incluye en el consumo eléctrico total, pero no se incluye como fuente de energía renovable.

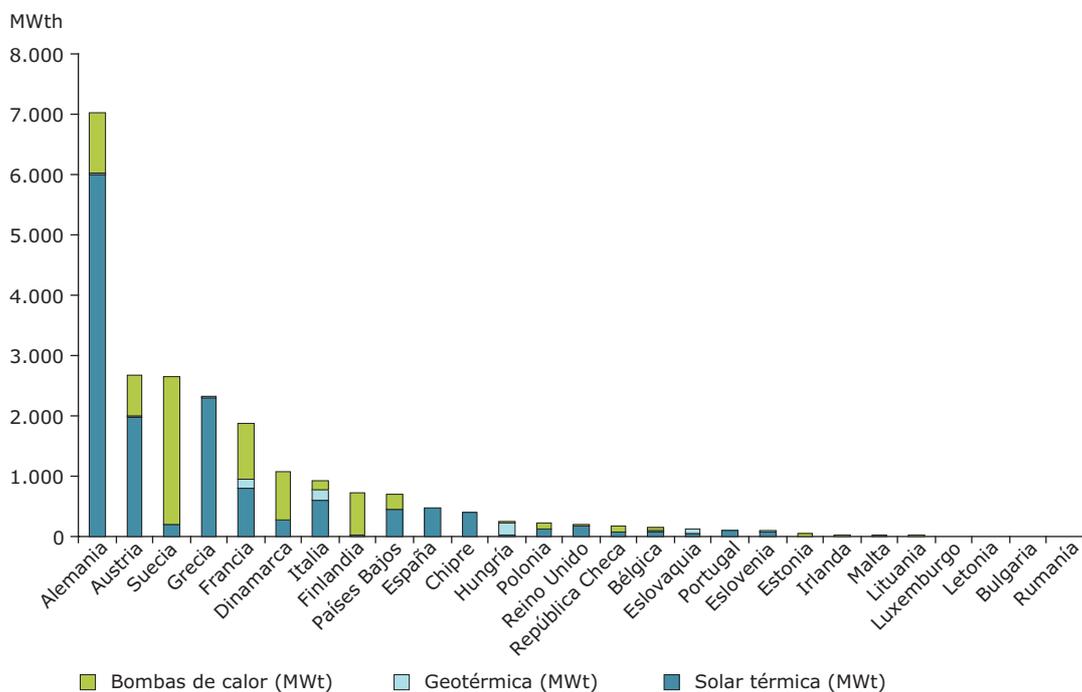
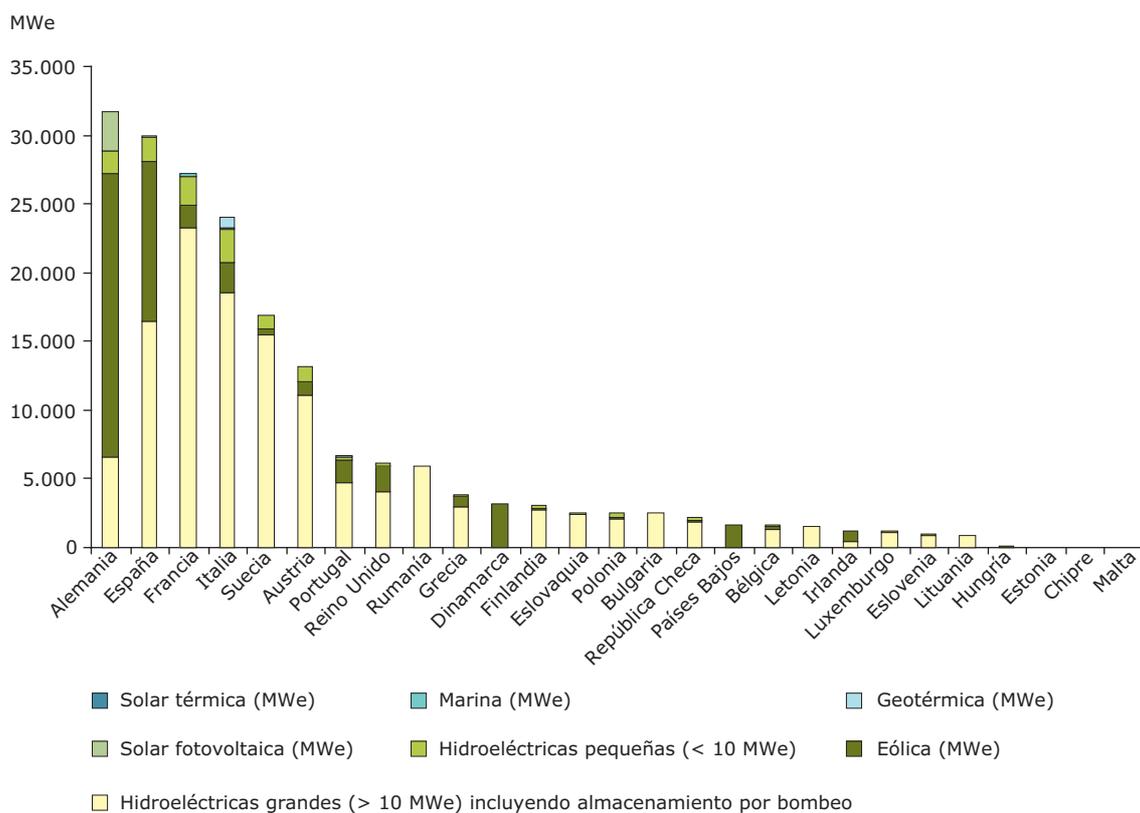
**Fuente:** Eurostat.

**Figura 3.5 Tasas de crecimiento medio anual en el consumo de energía primaria procedente de renovables, UE27**



**Fuente:** Eurostat.

**Figura 3.6 Capacidad térmica y eléctrica total instalada procedente de los SER, 2006**



**Nota:** Los datos correspondientes a las grandes hidroeléctricas pertenecen a 2005.

**Fuente:** Eurostat; EurObserver'ER (2008).

año 2000, ya que se redujo el interés en el desarrollo de las instalaciones terrestres (al haberse explorado ya las zonas más favorables en los países que están liderando la tendencia en Europa, como Alemania y Dinamarca) en favor de proyectos eólicos marinos, más caros y complejos. El consumo de energía hidroeléctrica ha disminuido en los últimos años, más a causa del cambio climático (nivel de precipitaciones inferior a la media) que a cambios en la capacidad instalada.

En 2006, la capacidad de energía eólica total instalada en la UE27 oscilaba en torno a los 48.000 MW. Alemania posee la mayor capacidad total instalada, a pesar de que la tasa de crecimiento anual de nueva capacidad instalada ha disminuido en los últimos años. España posee la segunda mayor capacidad eólica instalada, pero tiene previsto modificar el marco legislativo, dado que el aumento del precio de la electricidad (menores ayudas y un límite en el precio de la electricidad de generación eólica) podría afectar al incremento de la capacidad eólica instalada en el futuro. Aunque Alemania, España y Dinamarca siguen a la cabeza, con capacidades instaladas de 20.622 MWe, 11.615 MWe y 3.135 MWe, respectivamente, ya no serán los únicos países con gran capacidad eólica instalada. Otros países, como Francia, el Reino Unido, Irlanda, los Países Bajos y Portugal, están siguiendo sus pasos.

El mercado de la energía solar fotovoltaica continúa siendo heterogéneo y muy dependiente de los avances realizados en Alemania, que sigue siendo el líder mundial en la fabricación de células solares, por delante de Japón y EE.UU. El éxito alemán se debe en gran medida a un marco político estable y favorable. España posee un entorno natural favorable para la energía solar fotovoltaica y unas buenas condiciones de mercado para el desarrollo solar. Sus tarifas de conexión a la red son flexibles, con un cálculo basado en el precio medio de la electricidad. El apoyo para las instalaciones menores de 100 kW es de 5,75 veces el precio medio de la electricidad en el mercado, y para las instalaciones de más de 100 kW, 3 veces dicho precio.

En cuanto al desarrollo de las hidroeléctricas pequeñas en 2006, éste estuvo limitado por una serie de restricciones normativas y ambientales derivadas de la Directiva marco sobre el agua. En Alemania, por ejemplo, a 31 de diciembre de 2007, las tarifas de conexión a la red para hidroeléctricas pequeñas con capacidad menor de 500 kW solo eran aplicables a instalaciones situadas en cauces de agua que pudieran demostrar que habían alcanzado un estado ecológico satisfactorio<sup>(20)</sup>.

La energía marina está adquiriendo importancia lentamente en Europa y en otros países. En la actualidad, el 90% de la energía mareomotriz del mundo se produce en Francia, en la planta de Rance (240 MW), inaugurada en 1966. Portugal y el Reino Unido tienen algunos proyectos previstos. En 2005, se creó la Asociación Europea de Energía Oceánica (*Ocean Energy Association*, OEA) cuyo cometido consiste en apoyar el desarrollo del mercado y la tecnología para el aprovechamiento energético de los océanos y servir como punto de encuentro para que sus miembros obtengan información sobre experiencias tecnológicas y recursos financieros en la UE<sup>(21)</sup>. Recientemente, el Centro Europeo de Energía Marina (*European Marine Energy Centre*, EMEC) ha decidido utilizar tecnologías de modelización para estudiar los niveles del agua, las corrientes y las olas en sus campos de pruebas de las islas Orkney, situadas en el noroeste de Escocia, en el Reino Unido. Se pretende desarrollar un modelo adecuado para los complejos movimientos de las mareas y las características topográficas locales<sup>(22)</sup>.

En 2006, la electricidad de origen geotérmico incrementó 10 MW con respecto a 2005, y alcanzó un volumen de 855 MW aproximadamente. Italia sigue siendo el principal productor, con una capacidad total instalada de unos 810 MW. Portugal y Francia tienen una capacidad geotérmica instalada bastante menor para la producción de electricidad, pero mayor para el calor. Alrededor de 16 países europeos tienen una cierta capacidad geotérmica instalada para la producción de electricidad o calor. La capacidad geotérmica total instalada para la producción de calor fue de 2.236,3 MWt - un aumento del 5,2% en 2006, con respecto a 2005.

En los últimos años, la energía solar térmica también ha aumentado. Alemania sigue siendo el principal mercado para estas tecnologías, con más de 1,5 millones de m<sup>2</sup> instalados en 2006. Este avance se produjo incluso en una época de fuerte disminución de las subvenciones para la energía solar térmica (de 104 EUR/m<sup>2</sup> antes del 21 de marzo de 2006 a 40 EUR/m<sup>2</sup> a principios de enero de 2007). A pesar de esta reducción en las subvenciones, el mercado siguió creciendo por varios motivos, como las dificultades para asegurar el suministro de gas procedente de Rusia, la preocupación por el aumento de los precios de la energía y el aumento de la concienciación sobre el cambio climático<sup>(23)</sup>. Aunque lejos de la capacidad de Alemania, Francia también está experimentando un fuerte crecimiento en energía solar térmica. Con unos 300.000 m<sup>2</sup> en 2006, el mercado francés de la energía solar térmica aumentó un 83,1%, con respecto a 2005.

<sup>(20)</sup> EurObserv'ER, 2007.

<sup>(21)</sup> Para más información, véase [http://www.spok.dk/seminar/eu-oea\\_0702\\_neet\\_1a.pdf](http://www.spok.dk/seminar/eu-oea_0702_neet_1a.pdf).

<sup>(22)</sup> <http://social.tidaltoday.com/content/emec-opts-mike-modelling-technology>; artículo publicado el 16 de julio de 2008.

<sup>(23)</sup> Véase la nota 20.

### 3.2 Escenarios

Se espera que la cuota de energías renovables en el consumo de energía primaria aumente en todos los escenarios de referencia y de forma mucho más rápida en aquéllos que prevén una reducción de GEI o una política alternativa. En los escenarios que parten de la adopción de políticas más exigentes para reducir las emisiones de GEI, para promover el uso de SER y mejorar la eficiencia energética, el aumento de la cuota de energías renovables también se apoya en un incremento más rápido de la eficiencia energética dado que así se reduce el nivel absoluto del consumo de energía. Sin embargo, los escenarios de los modelos

considerados en este informe varían ampliamente. Las variaciones tienen que ver con los niveles de penetración de los SER en el consumo de energía primaria, que, incluso en los escenarios de referencia, oscilan entre un nivel que se acerca al 7% en 2005 hasta cerca del 10–15,5% en 2020. Estas variaciones se deben a diferentes hipótesis sobre los costes de las diversas tecnologías, los precios del carbón y la velocidad de mejora de la eficiencia energética. También se espera que aumente la cuota de energías renovables en la producción bruta de electricidad, principalmente a través del desarrollo de nuevas capacidades de generación eólica, solar y de biomasa.

**Tabla 3.1 Escenarios de la cuota de energías renovables, UE27**

Tipo	Real 2005	POLES 2006 (IPTS)				WEO 2007 (AIE)				PRIMES 2008 (CE)	
		Base de referencia (%)		Reducción de GEI (%)		Referencia		Política alternativa		Base de referencia (%)	
		2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Cuota en el consumo de energía primaria — de la cual	6,7	15,5	18,1	18,1	24,3	12,5	15,3	13,3	17,4	10,0	11,8
Hidroeléctrica	1,5	n/d	n/d	n/d	n/d	2,0	1,9	1,9	1,9	n/d	n/d
Biomasa y residuos	4,5	n/d	n/d	n/d	n/d	8,1	9,6	8,6	10,6	n/d	n/d
Otras renovables	0,7	n/d	n/d	n/d	n/d	2,5	3,8	2,9	4,8	n/d	n/d
Cuota en la producción bruta de electricidad *	14,0	18,8	21,7	23,1	31,1	25,0	29,1	30,1	38,4	20,2	22,8
Hidroeléctrica	9,3	9,1	8,1	10,4	10,3	10,4	9,8	11,7	11,9	8,2	8,0
Eólica	2,1	n/d	n/d	n/d	n/d	9,1	12,5	11,6	16,9	6,6	7,8
Biomasa y residuos	2,4	n/d	n/d	n/d	n/d	4,4	4,9	5,7	6,6	4,8	6,4
Calor geotérmico	0,2	n/d	n/d	n/d	n/d	0,2	0,3	0,3	0,5	0,2	0,2
Solar, mareas, etc.	0,0	n/d	n/d	n/d	n/d	0,7	1,5	0,9	2,5	0,3	0,5
Cuota en el consumo de energía final	8,6	n/d	n/d	n/d	n/d	6,6	8,1	8,1	11,2	12,7	14,7
Cuota en biocarburantes	1,1	n/d	n/d	n/d	n/d	1,4	2,1	1,9	2,9	7,4	9,5

**Nota:** \* Producción neta de electricidad para los escenarios POLES (2006) (IPTS).

**Fuente:** AEMA; Eurostat; IPTS, 2006; AIE, 2007a; CE, 2008f.

## 4 ¿Aumenta la eficiencia del sistema europeo de producción de energía?

### Mensajes principales

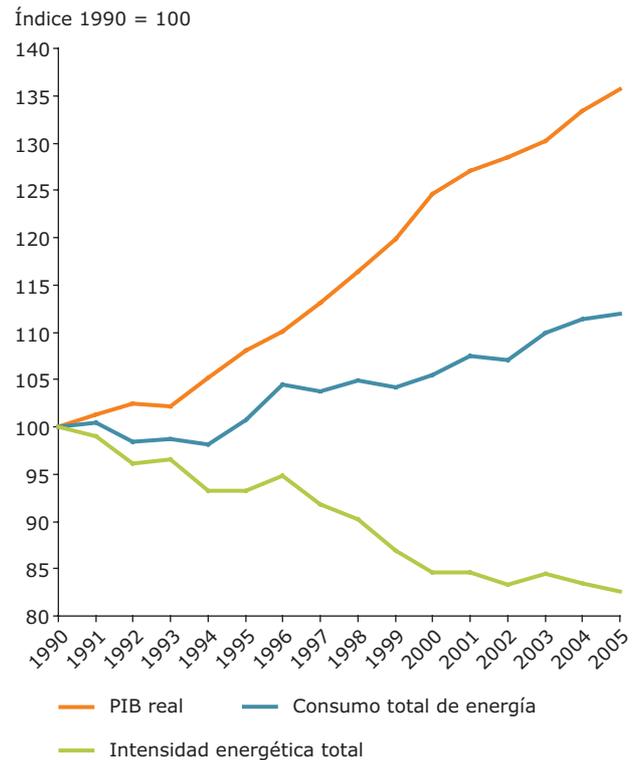
El aumento de la eficiencia de los sistemas energéticos europeos puede reducir los efectos ambientales y la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a limitar el incremento de los costes de la energía. Si bien en los últimos años se ha incrementado la eficiencia de la producción de energía, sigue existiendo un considerable potencial de mejora, por ejemplo, por medio de un mayor uso de la cogeneración de electricidad y calor y otras tecnologías energéticamente más eficientes que ya están disponibles o a punto de comercializarse.

1. Se estima que, entre 1990 y 2005, la intensidad energética total (energía total dividida por el PIB) en la UE27 descendió un 1,3% anual. La intensidad energética descendió tres veces más rápido en los nuevos Estados miembros.
2. Durante el período 1990–2005, el nivel medio de eficiencia en la producción de electricidad y calor en las centrales térmicas convencionales de suministro público mejoró en cerca de 4,2 puntos porcentuales, alcanzando el 46,9% (48,5%, si se incluye también la calefacción urbana) en 2005.
3. Cerca del 25% de la energía primaria se pierde durante la generación, el transporte y la distribución de la energía. La cuota más alta en las pérdidas de energía se produce durante la generación (cerca de  $\frac{3}{4}$  de las pérdidas totales), de ahí que sea urgente desarrollar las tecnologías punta disponibles.
4. En 2005, la cuota de electricidad generada en centrales de cogeneración de electricidad y calor (CEC), en la producción de electricidad bruta total en la UE27, fue del 11,1%. La CEC puede ser una opción rentable para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y podría mejorarse aún más en la UE.

### 4.1 Eficiencia de la producción de energía

Entre 1990 y 2005, el consumo total de energía primaria en la UE27 aumentó a un ritmo medio anual del 0,8%, mientras que el Producto Interior Bruto (PIB) aumentó a un ritmo anual estimado del 2,1%. Por consiguiente, la intensidad energética total en la UE27 descendía a un

**Figura 4.1 Tendencias en la intensidad energética total, el Producto Interior Bruto y el consumo total de energía, UE27**



**Nota:** Para calcular el índice del PIB en la UE27 en 1990, fue preciso establecer algunas hipótesis. No se disponía de datos de Eurostat para los nuevos Estados miembros: República Checa (1990–1994), Bulgaria (1990), Rumanía (1990–1998), Chipre (1990–1994), Hungría (1990), Polonia (1990–1994), Malta (1991–1998) y Alemania (1990). Para subsanar las carencias, se utilizó la base de datos macroeconómicos anuales de la Comisión Europea (AMECO) como fuente de datos adicional, aunque no fue posible utilizarla en todos los casos. Para estimar el total de la UE27 se establecieron las siguientes hipótesis: el PIB de Alemania en 1990 se estimó aplicando el ritmo de crecimiento de Alemania Occidental en 1990–1991 al PIB de Alemania en 1991. Se utilizaron las previsiones de la Comisión para otoño de 2004 para el PIB de Hungría de 1990. En el caso de Estonia, el PIB de 1990–1992 se asumió como un valor constante (en términos reales), el valor tomado fue el observado en 1993. En el caso de Eslovaquia, se asume que el PIB de 1990–1991 tiene el valor de 1992. En el de Malta y Bulgaria, el PIB de 1990 se asume que es igual al PIB de 1991. Estos supuestos no distorsionan la tendencia observada para el PIB de la UE27 en su conjunto, dado que los últimos cuatro países representan cerca del 0,7 del PIB total de la UE27.

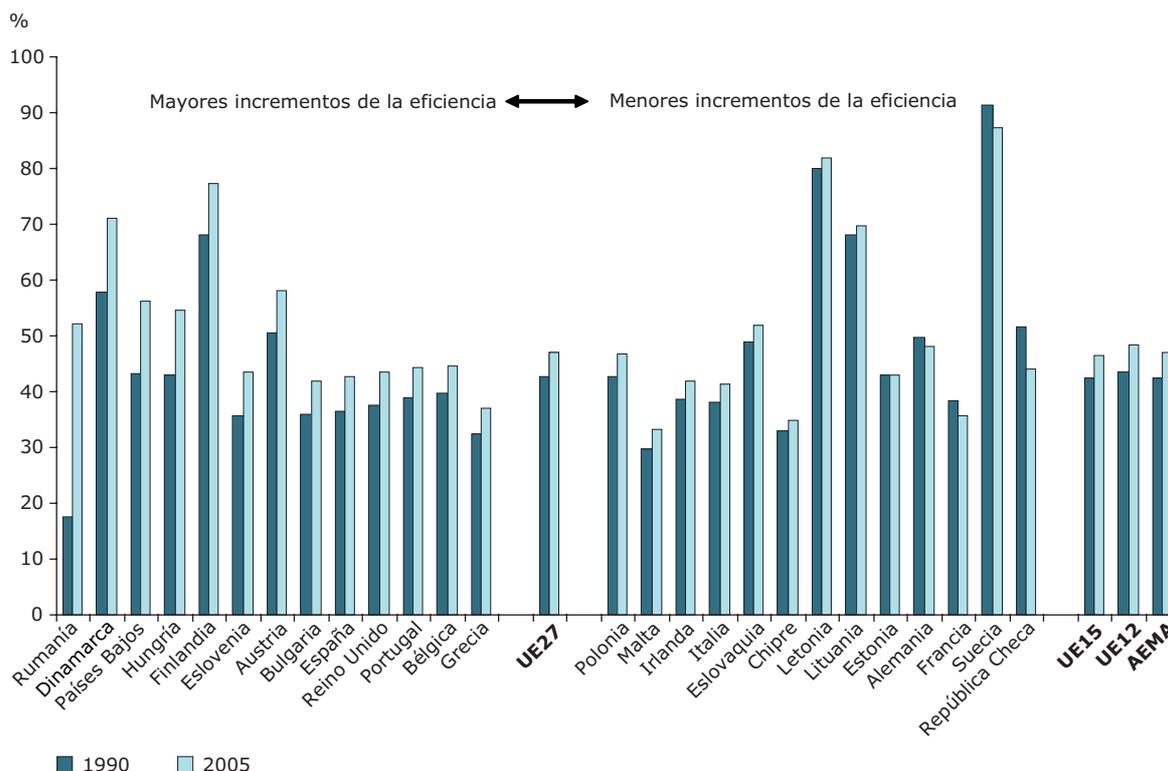
**Fuente:** Eurostat y base de datos Ameco, Comisión Europea.

ritmo medio del 1,3% anual. En Europa, en 2005, cada unidad de rendimiento económico exigía cerca de un 17% menos de energía de lo que era habitual en 1990. Así pues, se ha producido una disociación relativa entre el crecimiento económico y el consumo de energía. Dado que la energía se produce a partir de diferentes combustibles, el impacto ambiental producido por los cambios en la intensidad energética ha de considerarse en un contexto más amplio, que tenga en cuenta la combinación de combustibles utilizada en cada país. Un ciudadano europeo medio consume 3,7 toneladas equivalentes de petróleo al año, aunque esto varía mucho de un país a otro.

Entre 1990 y 2005, la eficiencia de la producción de electricidad y calor en centrales térmicas convencionales de suministro público mejoró a un ritmo constante. Esto fue debido al cierre de las centrales antiguas e ineficientes, a las mejoras de las tecnologías existentes y

a la instalación de tecnologías nuevas y más eficientes, a menudo pasando de centrales eléctricas a base de carbón a turbinas de gas de ciclo combinado más eficientes. En términos generales, la eficiencia media tiende a ser más elevada en la UE12 y Escandinavia frente a la UE15 (48,3% frente a 46,5%). Esto se debe a un mayor uso de la producción de calor residual en la industria. Durante el mismo período, diversos países, como la República Checa y Alemania, han experimentado un ligero descenso de la eficiencia. Un examen más detenido de la tendencia revela una fuerte caída de la eficiencia durante el período de transición económica a principios del decenio de los noventa, como la reunificación de Alemania, cuando se produjo una menor utilización de las centrales, en especial para la producción de electricidad<sup>(24)</sup>. Sin embargo, en estos países, así como en Suecia y Francia, el descenso a lo largo de todo el período se debe sobre todo a un menor uso del calor «residual». Se espera que la tendencia al

**Figura 4.2 Eficiencia de la producción (de electricidad y calor) en centrales térmicas convencionales de suministro público, 1990 y 2005.**



**Nota:** La eficiencia se define como la producción dividida por los insumos totales de combustibles en las centrales térmicas convencionales de suministro público. En este caso, la producción consiste tanto en la generación de electricidad bruta como de cualquier calor vendido a terceras partes (centrales de producción combinada) por centrales eléctricas convencionales de suministro público (excluida la calefacción urbana). Debido a incoherencias en los datos de Eurostat relativos a la producción pública en Luxemburgo (los datos de insumo se han registrado, mientras que los datos de producción son iguales a cero en 1990) y Noruega (eficiencias > 100%), estos datos no se han incluido en la figura.

**Fuente:** Eurostat.

<sup>(24)</sup> La reunificación de Alemania tuvo algunos efectos positivos sobre la eficiencia global del sistema, debido a la sustitución de las antiguas centrales de carbón en Alemania del Este. Para un análisis más detallado de la situación en el sector eléctrico, véase <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3195.pdf>.

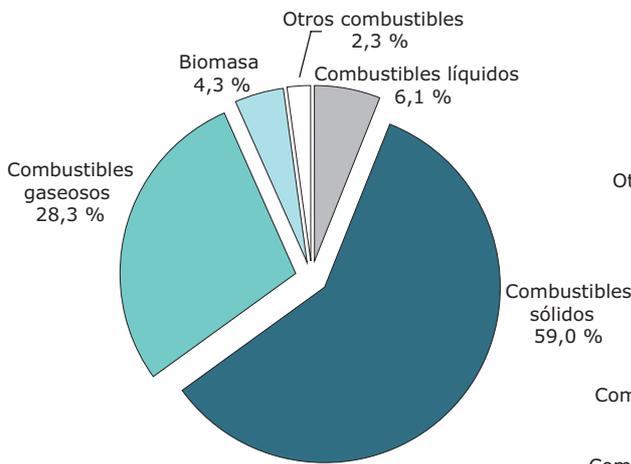
alza de la eficiencia global se mantenga en el futuro, aunque el rápido crecimiento de la electricidad y la producción de calor basadas en combustibles fósiles amenaza con repercutir sobre la eficiencia global del sistema. Éstas podrían contrarrestar algunas de las ventajas ambientales resultantes del incremento observado de la eficiencia (véase también la figura 1.8 en el capítulo 1).

La figura 4.3 recalca el vínculo entre el uso del combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales térmicas convencionales (centrales que generan sólo electricidad, centrales que generan solo calor y centrales

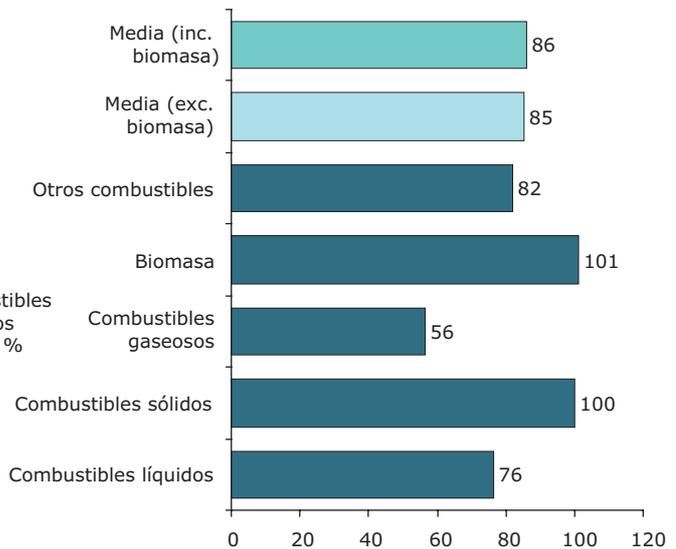
de cogeneración) en la UE27. Siguiendo el sentido de las agujas del reloj desde la parte superior izquierda a la parte inferior izquierda, la figura ilustra los insumos de combustible desglosados por tipo de combustible en la UE27 (donde la situación está dominada sobre todo por el carbón) y el factor de emisión medio para cada tipo de combustible sobre la base de la eficiencia de la central (la media actual es del 48,5% si se incluye la calefacción urbana). A partir de ello, es posible calcular la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de cada tipo de combustible. Por ejemplo, los combustibles gaseosos (principalmente gas natural) representan una cuota más pequeña de

**Figura 4.3 Estructura de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de centrales térmicas en la UE27**

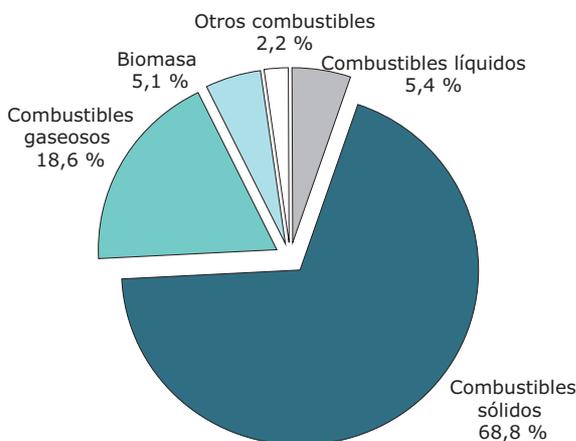
**Insumos de combustible en centrales térmicas de la UE**



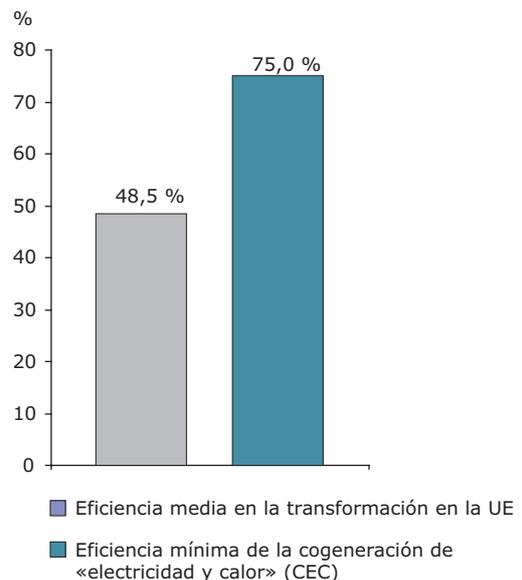
**Factores medios de emisión de CO<sub>2</sub> en la UE (t/TJ)**



**Emisiones de CO<sub>2</sub> de centrales térmicas de la UE**



**Eficiencia en la transformación de la energía**

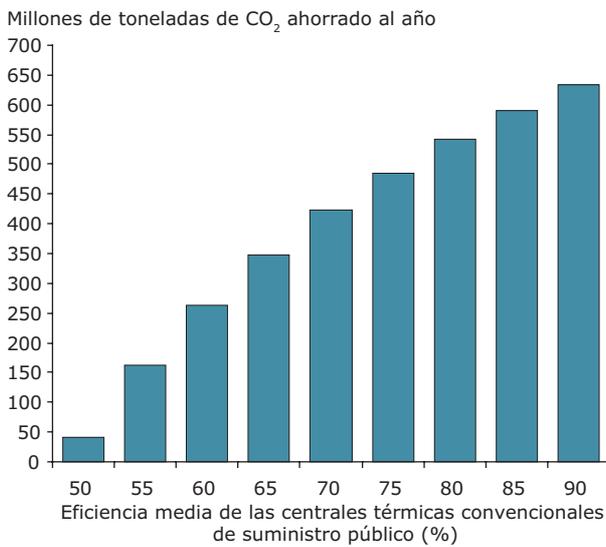


Fuente: AEMA; Eurostat.

insumos de combustibles, en relación con su presencia en las emisiones producidas, debido no solo a un menor contenido de carbono del combustible sino también al mayor nivel de eficiencia de las centrales eléctricas que los utilizan (Ecofys, 2007a).

**Figura 4.4 Reducción anual de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la UE27 a diferentes eficiencias de transformación**

Eficiencia media actual comunitaria de todas las centrales térmicas convencionales = 48,5% (incluye las centrales eléctricas, las centrales térmicas y las centrales de producción combinada)

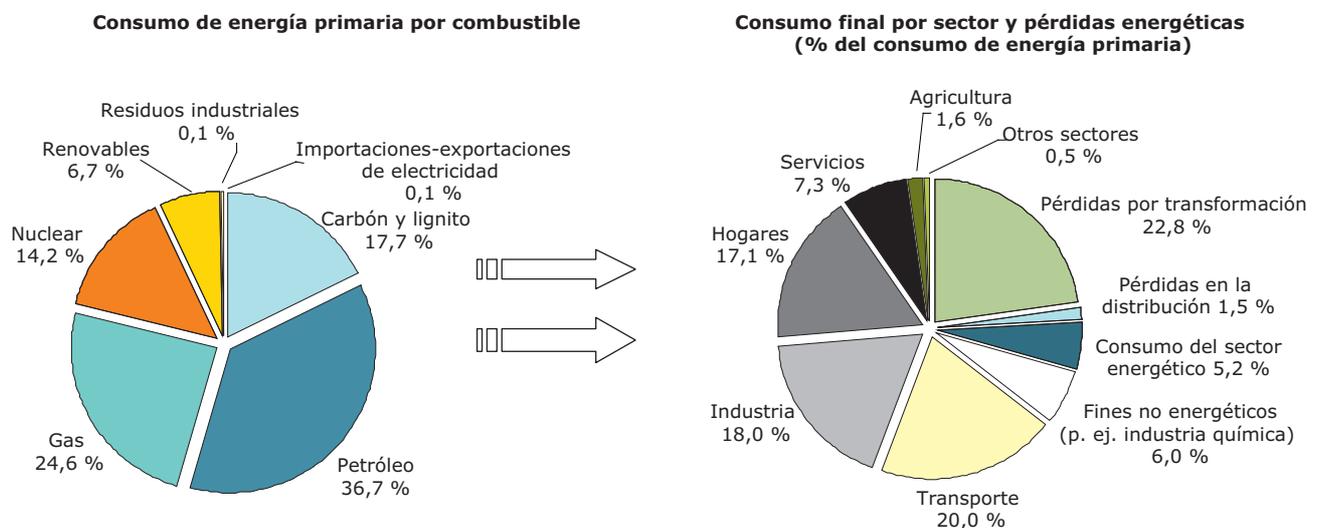


Fuente: AEMA; Eurostat

Dada la actual eficiencia media y la combinación de combustibles en 2005 que muestra la figura 4.3, si las centrales térmicas de la UE27 aumentaran más su eficiencia, se podrían obtener importantes reducciones de CO<sub>2</sub> (en comparación, el compromiso de Kioto para la UE15 es de cerca de 340 Mt de CO<sub>2</sub>). La eficiencia de las nuevas centrales puede mejorarse a fin de alcanzar entre un 45 y 60%, según el combustible utilizado (Werring, 2008). Por ejemplo, las turbinas de gas de ciclo combinado más avanzado de última tecnología pueden alcanzar una eficiencia de producción de electricidad del 60% (Ecofys, 2007a). Además, las centrales de CEC que utilizan una mayor porción de calor «residual» (p. ej. calor de menor calidad directamente para calefacción), pueden alcanzar un nivel incluso más alto de eficiencia global.

No toda la energía primaria está disponible para ser utilizada como energía útil para el consumidor final, debido a las diversas pérdidas que se producen en el sistema de energía. Entre éstas, son clave las pérdidas por transformación que dependen de la eficiencia con la que la energía primaria se convierte en electricidad y calor (p. ej. en las centrales eléctricas convencionales). En 2005, las pérdidas por transformación representaron un promedio del 22,8% del consumo de energía primaria de la UE27. Sin embargo, estas pérdidas también dependen de la combinación de combustibles, el nivel de importaciones de electricidad (p. ej. en Luxemburgo) y la medida en que se utiliza la energía nuclear<sup>(25)</sup>. Otras pérdidas (1,5% de la energía primaria) se producen durante la distribución. Asimismo, parte de la energía es consumida por el propio sector

**Figura 4.5 Estructura de la eficiencia de la transformación y distribución de la energía: del consumo de energía primaria al consumo de energía final, UE27, 2005**



Fuente: AEMA; Eurostat.

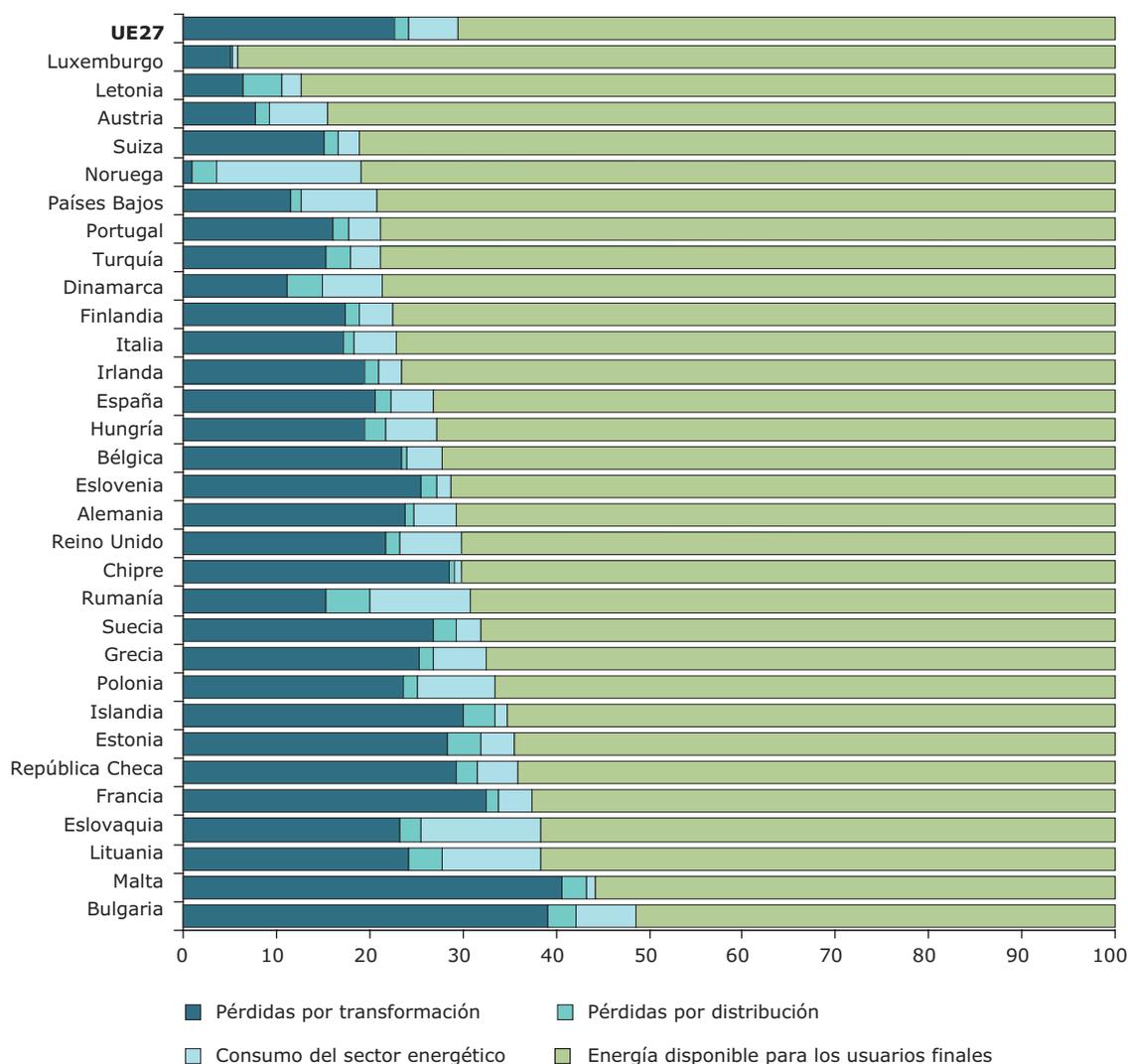
<sup>(25)</sup> La proporción de «energía nuclear primaria con respecto a la electricidad generada» se fija en las estadísticas energéticas de Eurostat.

de producción de energía (5,2%). En torno al 6% de los productos energéticos primarios se utilizan directamente como materias primas (principalmente en el sector de productos químicos), más que para fines energéticos.

El nivel de pérdidas durante la transformación varía considerablemente entre los Estados miembros (véase la figura 4.6). En el extremo inferior se encuentra Luxemburgo, donde el sistema es muy eficiente y la energía final disponible a los usuarios finales es el 94% del aporte de energía primaria. En el extremo superior se encuentra Bulgaria, donde, en 2005, solo el 52% del aporte de energía primaria llegó al consumidor final. La media de la UE27 es del 70,5%.

Entre 2000 y 2005, la proporción de electricidad producida a partir de cogeneración de electricidad y calor en la UE27 aumentó ligeramente, hasta el 11,1%. En el pasado, la CEC sufrió unas condiciones de mercado adversas en muchos Estados miembros. Unos ritmos de penetración más elevados para la CEC deben reflejar un equilibrio entre unos mayores gastos de inversión inicial y unas mayores compras de gas (siendo el gas el combustible predominante para la CEC, véase la figura 4.8) y los costes de la producción de electricidad y calor por otros medios. En el pasado, el bajo coste de los combustibles fósiles y la electricidad (debido a la liberalización) constituyó una importante barrera económica para el desarrollo de la CEC. Sin embargo, en los últimos años, la subida de los precios

**Figura 4.6 Energía usada y energía perdida en 2005 (% del consumo de energía primaria)**



**Nota:** Los elementos del gráfico se han tomado directamente de estas categorías especificadas en el Data Explorer de Eurostat (para más información, véase el Anexo 4: Descripción de las principales fuentes de datos), a excepción de las pérdidas durante la transformación, que se basan en las categorías: «Insumo de transformación» menos «Rendimiento de transformación». A continuación, las cantidades energéticas resultantes se dividen por el consumo total de energía primaria.

**Fuente:** AEMA; Eurostat.

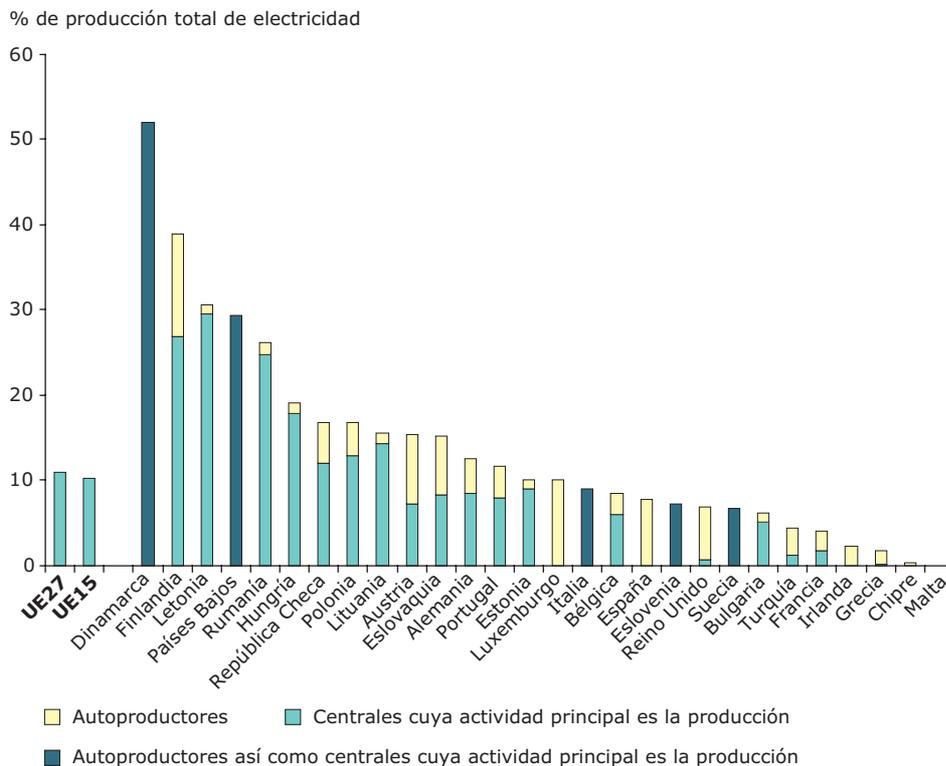
ha generado unas mejores condiciones de mercado para el desarrollo de la CEC. Otras barreras incluyen la falta de acceso a las redes eléctricas nacionales para vender electricidad excedente y, en algunos casos, la falta de una demanda adecuada y estable.

Dado que la penetración de la CEC depende de la estructura del mercado de la energía, no es de extrañar que haya diferencias sustanciales en la UE en relación con el desarrollo de la cogeneración. Entre los países con una elevada penetración en el mercado de la electricidad de CEC se encuentran Dinamarca, Finlandia, Letonia y los Países Bajos. En Dinamarca, la CEC ha recibido un fuerte apoyo gubernamental desde el decenio de los ochenta (es decir, antes de que se iniciara el proceso de liberalización). El apoyo se ofrece a través de incentivos fiscales y subvenciones, y el crecimiento se ha experimentado sobre todo en el ámbito público de la generación distribuida. Hasta 2005, las centrales de cogeneración de producción distribuida, recibían una tarifa fija de conexión a la red con tres fases dependientes del tiempo. Esto provocaba

problemas con un exceso de producción en algunas horas. A partir de enero de 2005, la estructura de tarifas cambió a las ofertas de precios, es decir, las ayudas siguen la demanda a través de los precios de mercado al contado, lo cual crea incentivos para adaptar la oferta cuando hay un exceso de producción o un exceso de demanda (Ropenus y Skytte, 2005).

El apoyo gubernamental también fue un factor importante en los Países Bajos, donde se combinó con una disponibilidad generalizada de gas natural, el combustible preferido para la CEC. El alto nivel de producción combinada en Finlandia y Letonia refleja la naturaleza de su clima frío, que provoca una considerable necesidad de calor y de electricidad. Esta fuerte demanda de ambos productos junto con una red de calefacción urbana bien desarrollada, ayudó a estimular la inversión en CEC en estos países. La cuota de electricidad obtenida por cogeneración sigue siendo baja en Grecia y en menor grado en Irlanda y Portugal, debido a una mala infraestructura para el gas natural y una menor demanda de calor. La conversión combinada

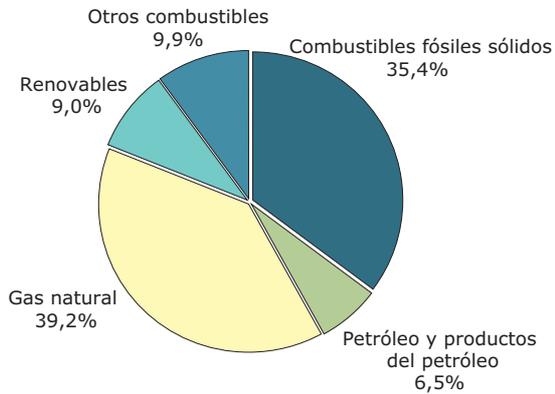
**Figura 4.7 Cuota de la cogeneración de electricidad y calor en la producción bruta de electricidad en 2005**



**Nota:** La cuota se define como la proporción de producción de electricidad por CEC (tanto de autoprodutores como de empresas públicas de servicios) en la producción total de electricidad. Sin embargo, cabe señalar que no toda la producción de electricidad de una «planta» de CEC puede calificarse de producción CEC, ya que la planta puede constar de diferentes tipos de unidades (como unidades que solo producen calor, o unidades flexibles cuya relación de electricidad/calor pueda ser ajustable). Para explicarlo, en 2000 se revisó el método de recopilación de datos de CEC utilizado por Eurostat (puesto que anteriormente tenía tendencia a sobreestimar la cuota de la producción de electricidad de la CEC). Por ello, la cuota actual no es directamente comparable con el objetivo del 18% establecido por la Comisión Europea en 1997 (COM(97)514 final). Se desconoce la división entre autoprodutores y centrales cuya actividad principal es la producción en el caso de Dinamarca, los Países Bajos, Italia, Eslovenia y Suecia.

**Fuente:** Eurostat.

**Figura 4.8 Insumos de combustible a las centrales de CEC en la UE27 en 2005**



Fuente: Eurostat

de calor/refrigeración y electricidad puede ayudar a superar el problema de la producción de excedente de calor, en verano y en países más cálidos como Grecia y Portugal.

La CEC permite una producción más eficiente de electricidad y calor que cada uno de estos elementos por separado, pero el uso de energías renovables (biomasa) como combustible brinda la oportunidad de mejorar aún más su rendimiento ambiental. Acelera el progreso hacia los objetivos de producción de electricidad y calor renovables. Sin embargo, en 2005, las fuentes renovables en la UE27 representaban tan solo el 9% de los insumos de combustible en las centrales de CEC. La cuota de los insumos de los combustibles varía de forma significativa entre la UE12 y la UE15, representando el gas natural más de la mitad de los insumos de combustible en la UE15, pero solo el 12% en la UE12. Por el contrario, los combustibles fósiles sólidos, como el carbón y el lignito representaron el 74% de los combustibles en la UE12, pero solo el 17% en la UE15.

## 5 ¿Quedan reflejados adecuadamente los costes ambientales en el precio de la energía?

### *Mensajes principales*

Los precios actuales de la energía varían considerablemente entre los Estados miembros de la UE debido a las diferencias en los niveles y las estructuras fiscales, las subvenciones ofrecidas a diferentes formas de producción de energía y las diferentes estructuras de los mercados. La inclusión de todos los factores externos relevantes para determinar los costes reales del uso de la energía ayudará a ofrecer unas señales relativas al precio correctas para futuras decisiones de inversión en la oferta y la demanda de energía. Resulta difícil identificar, dentro de las actuales estructuras de precios de la energía, el porcentaje atribuido a los impactos externos adversos de la producción y consumo de energía sobre la salud pública y el medio ambiente.

1. En 2007, el precio nominal de la electricidad para el usuario final en los hogares aumentó una media del 17% con respecto a los niveles de 1995. Esto se debió a una combinación de factores entre los cuales se encuentran un determinado nivel de internalización de los factores ambientales externos (a través de un aumento de la carga fiscal y los efectos de otras políticas ambientales, como el Régimen comunitario de comercio de derechos de emisión), unos precios energéticos más altos (sobre todo del carbón y del gas), y otros factores del mercado derivados del proceso de liberalización. En Rumanía, el Reino Unido, Polonia e Irlanda se registraron incrementos significativos (cerca del 50%, con respecto a los niveles de 1995).
2. En 2007, el precio nominal del gas para el usuario final en los hogares había aumentado una media de un 75% con respecto a los niveles de 1995, principalmente a causa del incremento de los precios mundiales de los productos básicos. En Rumanía, el Reino Unido, Letonia y Polonia, los incrementos se situaron por encima del nivel medio.
3. En términos generales, en 2005 se estimó que los costes externos de la producción de electricidad en la UE27 se situaban entre un 0,6 y un 2% del PIB. Entre 1990 y 2005, los costes externos descendieron entre 4,9 y 14,5 céntimos de euro/kWh y alcanzaron un valor medio de entre 1,8 y 5,9 céntimos de euro/kWh (según si se utilizaban estimaciones al alza o a la baja para calcular los costes externos) en 2005. Entre los factores que contribuyeron a esta tendencia a la baja se encuentran la sustitución del carbón y el petróleo por gas natural, la mayor eficiencia de la transformación y la introducción de tecnologías de mitigación de la contaminación atmosférica. Hacen falta nuevas iniciativas para

desarrollar metodologías que cuantifiquen mejor estos factores externos.

### **5.1 Estimación de los costes externos de la producción de energía**

En vista del cambio climático, las preocupaciones sobre la seguridad energética y el incremento de los precios de la energía, es crucial realizar un análisis sistemático del verdadero coste de la energía — una reflexión que deberá incluir todas las externalidades relevantes así como los costes privados. Habrá que hacerlo si se quieren transmitir señales correctas de precio para la muy necesaria inversión en la infraestructura para las medidas de gestión tanto de la oferta como de la demanda de energía.

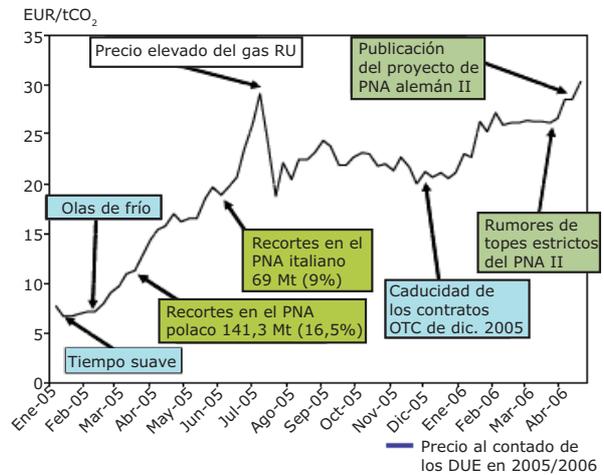
El Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente de la Comunidad Europea recalca la necesidad de internalizar adecuadamente los costes ambientales externos. Proponía una combinación de instrumentos entre los que se incluían medidas fiscales, como tasas e incentivos ambientales, y una retirada gradual de las subvenciones que contrarrestan el uso eficiente y sostenible de la energía (CE, 2002b). El reciente Libro Verde de la Comisión sobre la utilización de instrumentos de mercado en la política de medio ambiente y otras políticas relacionadas (CE, 2007f) reforzó este criterio. Sin embargo, estimar las externalidades (medio ambiente, salud humana, ecosistemas, etc.) no es una cuestión claramente definida. Las principales dificultades metodológicas incluyen un conocimiento bastante preciso de los daños que causa una determinada actividad económica al estado del medio ambiente, y el valor de estos daños, que no se producen a través del mercado. Existen dos maneras de internalizar los efectos externos por medio de la fiscalidad ambiental. Lo ideal es que la tributación se establezca al nivel de los costes marginales de los daños. Dado que resulta difícil establecer este tipo de costes, la tributación suele fijarse para alcanzar determinados objetivos ambientales y políticos a través de cambios inducidos en el comportamiento de productores y consumidores. Ambos enfoques corren el riesgo de no alcanzar un nivel económico óptimo, si se fija un nivel impositivo demasiado alto o demasiado bajo. Sin embargo, una tasa cero significaría que no se tienen en absoluto en cuenta los costes externos. Naturalmente, los efectos externos también se internalizan a través de otras medidas políticas, pero, según la teoría económica, a veces de forma menos eficiente.

En los últimos años han surgido diversos componentes en la tarificación de las emisiones de carbono. Entre ellas, los intentos de calcular el coste social del carbono<sup>(26)</sup>, el coste marginal de la reducción<sup>(27)</sup>, los impuestos sobre el carbono y otros instrumentos de mercado como el Régimen comunitario de comercio de derechos de emisión (RCDE UE). Las estimaciones de los costes sociales del carbono se utilizan, en particular, para valorar las implicaciones de la falta de una acción adecuada para mitigar el cambio climático a largo plazo (como por ejemplo en el informe Stern). Los instrumentos de mercado, incluyendo los impuestos sobre el carbono y los sistemas de comercio con derechos de emisión, apoyan la acción política para mitigar las emisiones de gases de invernadero a plazo más corto. Los costes marginales de la reducción ofrecen una indicación de cómo reaccionarán los grupos objetivo de las políticas, y de este modo ayudan a los responsables políticos a diseñar dichos instrumentos. Los impuestos sobre el carbono encarecen el precio de los combustibles fósiles, induciendo a los usuarios a considerar, al margen de sus operaciones, si resultaría más barato pagar el precio más alto del combustible o reducir el uso de combustible. Los sistemas de comercio con derechos de emisión fijan un límite superior para el número de derechos y por consiguiente ponen un precio a las emisiones, lo cual, de nuevo, obligará a los emisores a considerar si es mejor comprar derechos adicionales o reducir sus emisiones.

Lo ideal es que el impuesto sobre el carbono se fije al nivel del coste social del carbono, y los sistemas de comercio de derechos de emisión deberían diseñarse de tal forma que los precios reflejaran el coste social del carbono. En la práctica, los costes sociales del carbono solo se conocen con algo de seguridad en una amplia gama de valores, los costes marginales de la reducción son difíciles de evaluar, y los sistemas impositivos y de comercio de derechos de emisión son parciales y llevan la marca de un compromiso político.

Según el RCDE UE, una de las principales diferencias entre las diversas formas de calcular los costes externos y el precio de mercado del CO<sub>2</sub> es el hecho de que este último es el coste real pagado por productores y consumidores debido a la aplicación del régimen (primera fase 2005–2007; segunda fase 2008–2012). Con arreglo al RCDE UE, el equilibrio entre oferta y demanda de derechos de emisión se determina por medio de una combinación de diferentes factores. Entre estos factores se incluyen las expectativas de mercado en relación con el déficit de derechos de emisión, los costes a corto plazo de la reducción de CO<sub>2</sub> en la industria y las empresas de producción

**Figura 5.1 Fuerzas operantes que determinaron el precio del carbono en el RCDE UE, primera fase**



Fuente: ECON.

de electricidad, la envergadura del Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) y los mercados de Aplicación conjunta, los desarrollos en el mercado energético así como los cambios en el clima (véase la figura 5.1). El precio del carbón, el gas y la electricidad en Europa, en especial el contrato de electricidad alemán de carga base, sigue siendo uno de los principales impulsores en el mercado del RCDE. Sin embargo, en el segundo período comercial, debido a la disponibilidad de datos históricos y la experiencia obtenida en la primera fase, es bastante probable que los participantes en el mercado ya hayan incluido en sus estrategias comerciales el déficit de derechos de emisión en el mercado. Así pues, existen otros factores, aparte del déficit previsto de derechos de emisión, que probablemente desempeñen un papel más importante a la hora de determinar la volatilidad del precio del carbono.

## 5.2 EL RCDE UE

La primera fase del RCDE UE (2005–2007) constituyó un proceso de aprendizaje para Europa. Aportó importantes desarrollos institucionales como un sólido mecanismo de vigilancia y un fuerte sistema de comercio electrónico (el CITL). Asimismo, creó un mercado real (volúmenes y precio) para el comercio de derechos de emisión de carbono (véase la figura 5.2).

Hacia finales del primer período comercial, cuando se dispuso de datos relativos a las emisiones reales de 2006 y 2007, se evidenció que el nivel de ambición

<sup>(26)</sup> El coste social del carbon es el coste que representa para la sociedad y el medio ambiente la emisión de una tonelada adicional de carbon. Por ejemplo, en el informe Stern, se estimó que el coste social del carbon, suponiendo que el mundo alcance el nivel de estabilización de 550 ppm equivalentes de CO<sub>2</sub>, sería de cerca de 26,5 USD/t equivalentes de CO<sub>2</sub>. Otros proyectos también intentaron poner precio al coste social del carbon, como ExternE-Pol (2005), CAFE, RECaBS (2007).

<sup>(27)</sup> Se trata del coste de la reducción de las emisiones en una tonelada adicional a través de medidas en diversos sectores.

fijado a escala nacional durante la primera fase era demasiado bajo para conseguir unos precios del carbono suficientemente altos como para desencadenar los cambios necesarios en el mercado energético. Esto explica por qué los precios del carbono cayeron hasta casi a cero en 2007. Sin embargo, en la segunda fase, debido a la continua presión de la Comisión Europea, el techo de emisiones para los sectores del RCDE era más estricto, y por ello el precio se mantuvo por encima de 20 euros/t de CO<sub>2</sub> (véase la figura 5.2).

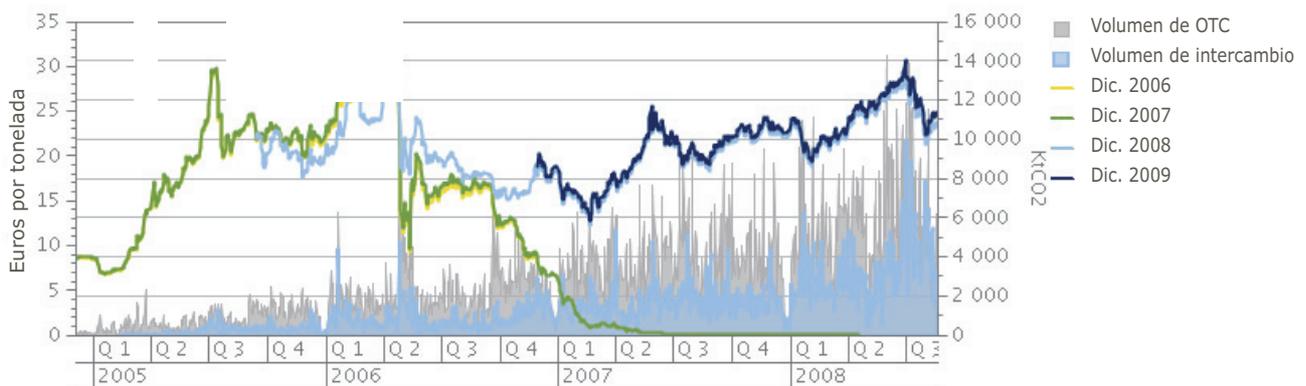
Si bien con el RCDE UE, el impacto de los precios de las materias primas energéticas en el mercado del carbono es relativamente fácil de detectar, no es sencillo establecer cuantitativamente el impacto del RCDE UE en el precio energético final actualmente y en un futuro próximo (2008-2012). Hoy en día, el precio de la energía en Europa es el resultado de una combinación de diferentes factores, a saber: el aumento de los costes de los combustibles fósiles impulsado por los incrementos en la demanda de energía en Europa (para Europa, véase también el capítulo 2) y en otras partes (sobre todo en China e India); la estructura del mercado; los diferentes niveles de impuestos y subvenciones así como unas políticas climatológicas y energéticas específicas. El impacto que cause el RCDE UE después de 2012 dependerá, en gran medida, del futuro diseño (después de 2012) del régimen<sup>(28)</sup> así como de la intensidad de los esfuerzos para aumentar la eficiencia energética en el punto del consumidor final (véase el capítulo 6) junto con otros factores.

Las experiencias hasta el momento (la primera fase del RCDE y las experiencias limitadas durante la segunda fase) demuestran que los precios energéticos finales podrían aumentar. Por ejemplo, en Alemania en estos momentos se están construyendo o se están diseñando más de 20 centrales de carbón, la mayoría en la zona rica en carbón de Renania del Norte-Westfalia. Este desarrollo desencadenó cierta actividad en los mercados de carbón - el contrato eléctrico alemán en 2009 subió hasta 79,10 euros/MWh. Esto es, un 4,25% más alto que el cierre anterior<sup>(29)</sup>. Esto se produce en un momento en que los precios del carbón también están subiendo. En Alemania, en la primera fase del RCDE UE, una parte importante del precio del carbono puede haber llegado hasta los consumidores finales. Finalmente, el nivel significativamente alto de los precios de la energía en este mercado provocó una consulta de la Comisión Europea en 2007.

### 5.3 Costes externos estimados

En la mayoría de los Estados miembros de la UE27, los costes externos originados por el impacto de la producción de electricidad sobre el medio ambiente son significativos. Reflejan el dominio de los combustibles fósiles en la combinación de combustibles para producir electricidad. En la UE27, se estimó que las externalidades de la producción de electricidad en 2005 eran del orden del 0,6% a 2% del PIB. Estas estimaciones dependen de las hipótesis planteadas en relación con los costes

**Figura 5.2 Evolución del precio del carbono y los volúmenes con arreglo al RCDE UE (2005-2008)**



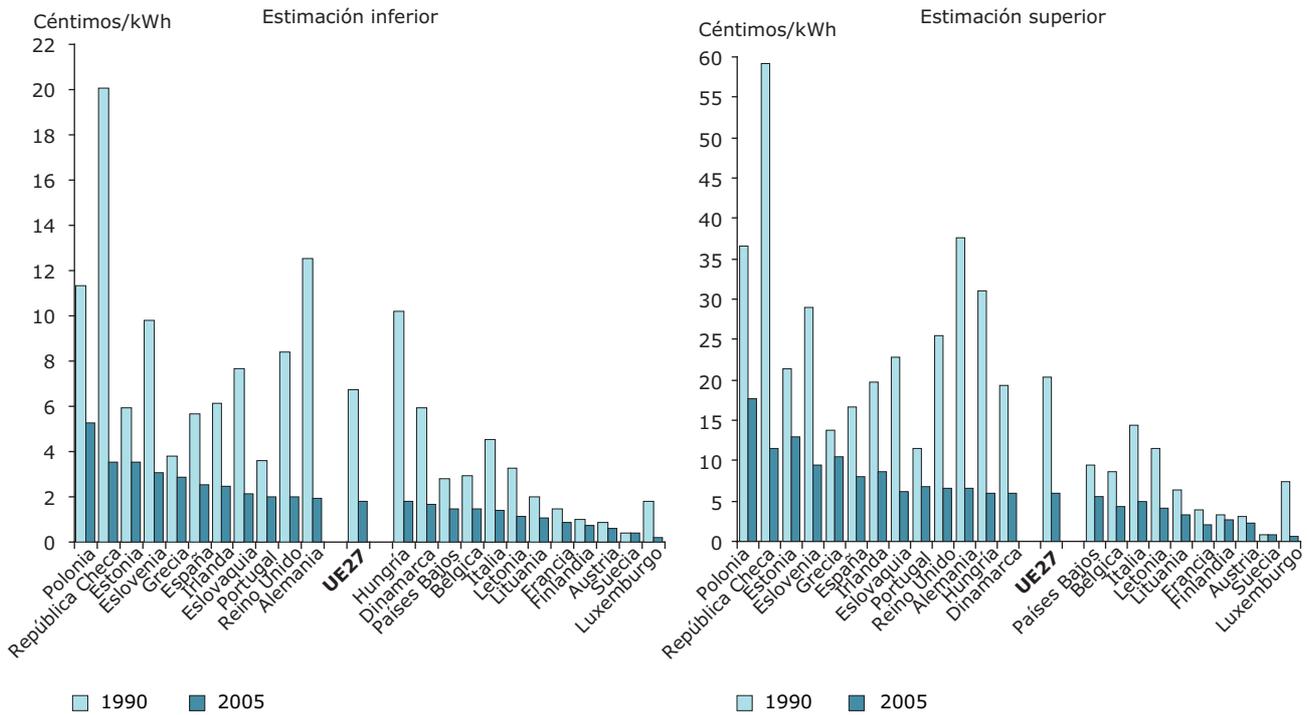
OTC (over the counter): acuerdos futuros bilaterales negociados ya sea directamente entre vendedor y comprador, o por medio de brokers.

Fuente: Point Carbon.

<sup>(28)</sup> Por ejemplo, estudios recientes demuestran que, al basar el método de asignación en las comparaciones de resultados de las compañías eléctricas, se reducirá el impacto sobre los precios de la electricidad del régimen con respecto al caso en que la asignación se base en una subasta o en la cesión gratuita de derechos. Véase por ejemplo ECOFYS, 'The IFIEC method for the allocation of CO<sub>2</sub> allowances in the EU Emissions Trading Scheme- a review applied to the electricity sector', marzo de 2008.

<sup>(29)</sup> «Point Carbon» Carbon Market Daily, Vol. 4, Número 143, 24 de julio de 2008.

**Figura 5.3 Costes externos de la producción de electricidad, 1990 y 2005 – estimaciones inferior y superior**



**Nota:** No se dispone de datos para Malta, Chipre, Bulgaria y Rumanía. Los costes externos en las dos figuras anteriores se basan en la suma de tres componentes asociados con la producción de electricidad: costes de los daños causados por el cambio climático asociados a las emisiones de CO<sub>2</sub>; costes de daños (como los impactos sobre la salud, los cultivos, etc.) asociados a otros contaminantes atmosféricos (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM, PM<sub>10</sub> y NH<sub>3</sub>), y otros costes sociales no ambientales de tecnologías de producción de electricidad no fósiles. Los costes externos de la industria nuclear deben tratarse con precaución puesto que solo se incluyen algunos factores externos. Los costes reflejan, en gran medida, la pequeña cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y de contaminantes atmosféricos, y el bajo riesgo de accidentes. Es preciso realizar nuevas estimaciones de los factores de costes por daños de la energía nuclear asociados a futuros proyectos ExternE.

**Fuente:** ExternE-Pol, 2005; CAFE, AEMA, Eurostat, RECaBS, 2007.

externos por unidad de emisiones de contaminantes atmosféricos y CO<sub>2</sub>. Para las emisiones de CO<sub>2</sub> el precio sombra<sup>(30)</sup> se determinó sobre la base de la metodología ExternE y se calculó en 19 euros/t de CO<sub>2</sub> (para las estimaciones inferiores) y 80 euros/t de CO<sub>2</sub> (para las superiores) (Watkiss *et al.*, 2005)<sup>(31)</sup>.

En 2005, los costes externos medios de la producción de energía en los Estados miembros de la UE se situaban entre 0,2 y 17,8 céntimos de euro/kWh, con una media de la UE de aproximadamente 1,8–5,9 céntimos de euro/kWh.

En términos generales, en el período 1990–2005, se produjo una caída significativa de los costes externos por unidad de producción de electricidad desde una media de la UE de aproximadamente 6,7–20,4 céntimos de euro/kWh al inicio del período. Los factores que la hicieron posible fueron las mejoras de la eficiencia, la sustitución del carbón y el petróleo por gas natural y la aplicación de tecnologías para luchar contra la contaminación atmosférica.

<sup>(30)</sup> El precio sombra del carbono es similar al coste social del carbono en el sentido de que refleja el coste del cambio climático para la sociedad, pero se diferencia de éste en que incluye condiciones políticas y tecnológicas específicas, por ejemplo en la UE (véase el documento [climatechange/research/carboncost/pdf/background.pdf](#)).

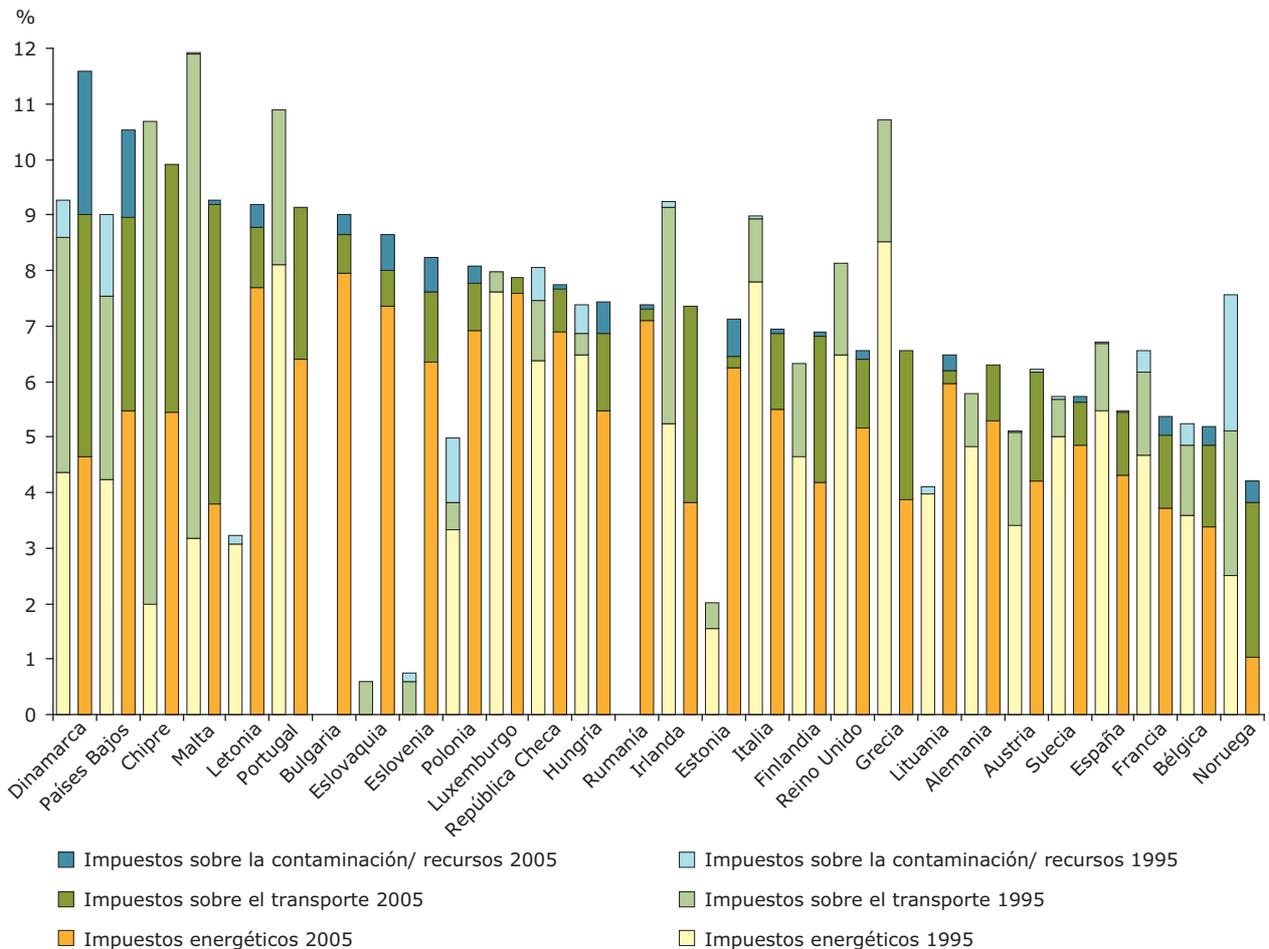
<sup>(31)</sup> Para estimar el precio sombra del carbono la metodología tiene en cuenta dos enfoques diferentes: uno basado en las preferencias reveladas a través de los objetivos políticos y otro basado en la opinión pública manifestada en un referéndum sobre cuestiones energéticas en Suiza. Se eligió Suiza porque su proceso de toma de decisiones es ligeramente diferente del resto de Europa, al tomarse una parte considerable de las decisiones políticas importantes a través de referenda incluido a veces el nivel de impuestos propuesto. Por lo tanto, la opinión pública expresada en el referéndum sobre cuestiones energéticas podría considerarse como un buen indicador sustitutivo de la disposición de la sociedad a pagar. En este contexto, los efectos del RCDE UE se consideraron de forma implícita, pero no se tomaron como la única base para estimar el precio sombra de carbono. El motivo era que, en aquel momento, solo se disponía de datos limitados y no estaba claro si este mercado evolucionaría hacia un mercado real (ofreciendo, por tanto, una mejor estimación del precio sombra). Una comparación entre el precio sombra del carbono desarrollado para calcular los factores externos de la producción de electricidad y los precios reales observados en el RCDE UE (véase el apartado 5.2.) queda fuera del alcance de este informe. Sin embargo, cabría observar que estos últimos se mantienen dentro del ámbito considerado en la metodología ExternE.

### 5.4 Impuestos ambientales

El porcentaje de impuestos «ambientales» en 2005 variaba significativamente entre los Estados miembros de la UE: desde cerca del 11,6% de la recaudación total de impuestos y la contribución social en Dinamarca, al 5,2% en Bélgica. En el período de 1995 a 2005, el cambio en el porcentaje de tributación también varió considerablemente: seis Estados miembros lo aumentaron en más del 25% y más de nueve Estados miembros lo redujeron en más del 10%. El porcentaje de impuestos aplicados directamente a la contaminación/ los recursos es mucho menor, a excepción de Dinamarca y los Países Bajos, donde en 2005 representaba cerca del 2,6% y el 1,6% de la recaudación total respectivamente.

Sin embargo, resulta difícil extraer conclusiones acerca del «respeto por el medio ambiente» del régimen impositivo de cada país sin examinar las especificidades de ese régimen<sup>(32)</sup>. En principio, un bajo porcentaje en la recaudación total puede indicar un escaso uso de los impuestos ambientales o, por el contrario, puede indicar que los impuestos se han usado con éxito, puesto que han influido en el comportamiento de los consumidores que han dejado de utilizar productos contaminantes, erosionando así la base tributaria. Casi ninguno de estos impuestos guarda relación directa con la internalización de los costes externos y se aplican sobre todo para alcanzar una serie de objetivos políticos, en especial un aumento general de la recaudación (OCDE, 2001).

**Figura 5.4 Cuota de impuestos ambientales en la recaudación tributaria total en 1995 y 2005**



**Nota:** Para 2004 solo se dispone de datos para Portugal y Malta. Para 1995 no se dispone de datos para Bulgaria y Rumanía.

**Fuente:** AEMA; OCDE; Eurostat.

<sup>(32)</sup> Para más información véase la base de datos de la Comisión Europea para los IMPUESTOS en Europa: [http://ec.europa.eu/taxation\\_customs/taxation/gen\\_info/info\\_docs/tax\\_inventory/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/taxation_customs/taxation/gen_info/info_docs/tax_inventory/index_en.htm).

Entre 1995 y 2005, diversos países (como Eslovaquia, Estonia, Letonia, Polonia y Lituania) experimentaron ingresos superiores al 50% en el porcentaje de impuestos «ambientales» de su recaudación tributaria total, aunque partiendo de un nivel bajo. Esto se vio impulsado en gran medida por un incremento en los impuestos energéticos (a través de una combinación de incrementos de la base tributaria, aumento de los impuestos e introducción de nuevos impuestos). Si bien en diversos casos la subida de los impuestos sobre la contaminación/los recursos ha sido más pronunciada, esto se debía a que partían de una base muy baja. Una excepción notable es Dinamarca, donde el porcentaje de impuestos sobre la contaminación/los recursos en la recaudación total aumentó del 0,7% en 1995 al 2,6% en 2005 (representando la mayor parte de su incremento en impuestos «ambientales» en ese período) desde la introducción de impuestos especiales sobre diversas sustancias contaminantes (como el nitrógeno o determinados pesticidas). Sin embargo, en el caso de Dinamarca, el elevado nivel impositivo no significa necesariamente que sea el nivel óptimo. En este país existen, por ejemplo, dos tipos diferentes de impuestos: uno sobre el consumo de electricidad (7,4 céntimos/kWh) pagado por los consumidores y otro para la calefacción urbana (6,8 céntimos/GJ) pagado por los productores y que el Gobierno danés introdujo originariamente para apoyar los proyectos de gas. Recientes estudios (Deketelaere, 2007) han descubierto que el elevado nivel de tributación es desproporcionadamente alto en comparación con los efectos externos del sector energético, pero que además podría haber tenido efectos distributivos no deseados. Más aun, ni la imposición sobre la electricidad ni el impuesto sobre el CO<sub>2</sub> establecen una distinción entre combustibles y fuentes.

### 5.5 Precios de la energía para el usuario final

Los precios de la electricidad para los hogares de la UE15 bajaron ligeramente durante el período entre 1995 y 1999, pero empezaron a subir de nuevo posteriormente. Este aumento ha sido especialmente pronunciado a partir de 2004, y ahora los precios se sitúan casi un 17% por encima de los niveles de 1995. Los precios del gas han experimentado una marcada tendencia ascendente desde 1995, aunque más acelerada a partir de 2004. En 2007, los precios del gas estaban casi un 75% por encima de los niveles de 1995. Los aumentos de los precios se debieron, en gran medida, al incremento mundial de los precios de la energía, en especial en el caso del petróleo según el cual a menudo se indexa el precio del gas.

En comparación, la renta bruta disponible de los hogares en la UE15 creció constantemente a lo largo del período, manteniendo más o menos el ritmo de los aumentos en el precio del gas y manteniéndose por delante de los cambios en la electricidad, aunque esto ya no sucede en los últimos años. Si los hogares hubiesen mantenido

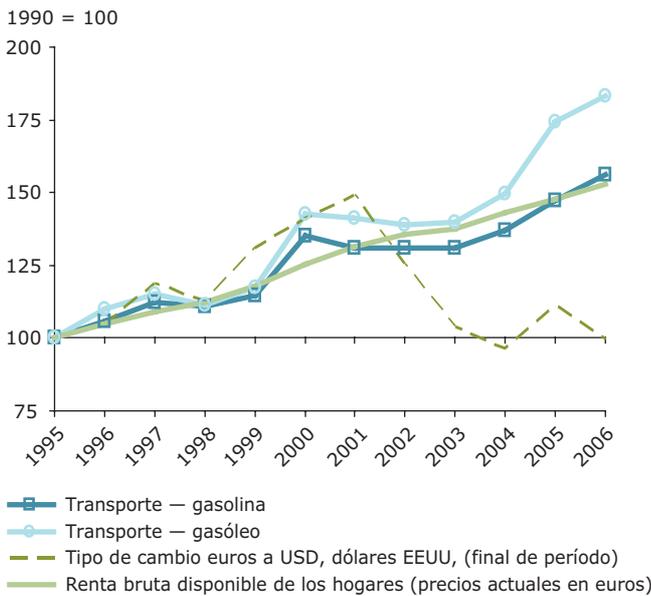
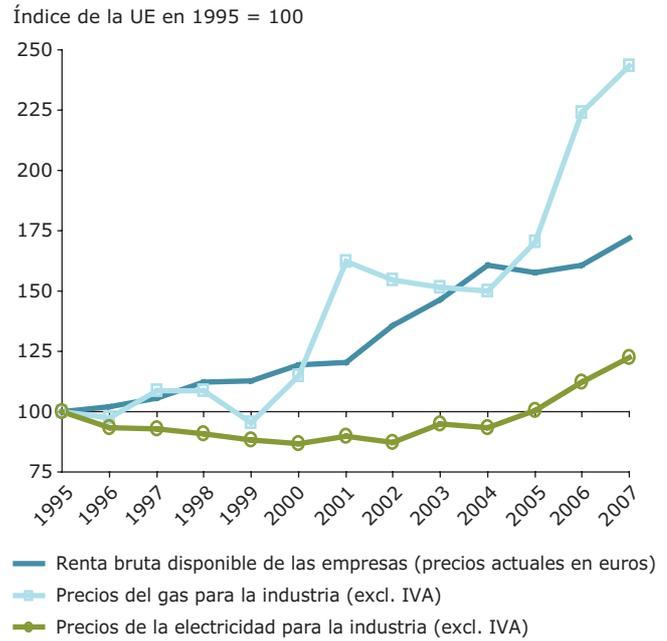
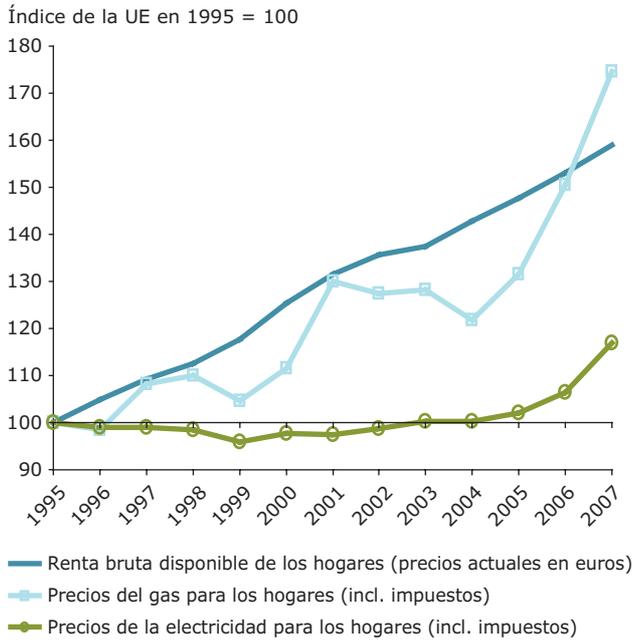
los niveles de consumo de energía de 1995, habrían tenido más ingresos disponibles debido a la diferencia entre el ritmo del crecimiento de la renta y el ritmo de crecimiento de los precios de la energía. Sin embargo, dado el aumento del consumo de energía de los hogares y los rápidos incrementos del precio de la energía que hemos visto en los últimos años, es probable que en un futuro próximo, la factura energética constituya una parte más importante de la renta familiar. Además, las cifras medias para la UE ocultan las fluctuaciones en los precios energéticos que se producen en los Estados miembros. Los precios del gas y la electricidad y los ingresos disponibles también han seguido un patrón similar en la industria, aunque el incremento de los precios del gas en los últimos años ha sido incluso más rápido.

El patrón de cambio de los precios para los hogares, sin impuestos, es similar al de la industria (la industria ya excluye el IVA), por lo tanto las subidas de precio se han debido a otros factores (aparte de los impuestos) como un rápido aumento del precio de los combustibles utilizados y al hecho de hacer repercutir determinados costes ambientales en los consumidores (por ejemplo, a través del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE). Las subidas en el precio, a lo largo del período, del gasóleo y la gasolina se debieron, principalmente, al incremento de los precios mundiales del petróleo, y ambos han aumentado más del 50% entre 1990 y 2006.

El porcentaje de impuestos en los precios de la electricidad de los hogares en 2007 variaba entre los Estados miembros desde un 55% en Dinamarca a un 5% en el caso de Malta. La media de la UE15 es del 24%. Del mismo modo, este porcentaje en los precios del gas varía desde el 56% (en Dinamarca) al 5% (en el Reino Unido), siendo la media de la UE15 del 22%. Las diferencias más amplias de tributación en este sector tienden a reflejar diferentes prioridades. Los elevados impuestos en Dinamarca forman parte de una política pensada para estimular la eficiencia energética (a raíz de las primeras crisis del petróleo de 1973 y 1979). Por el contrario, la tasa de IVA en el Reino Unido se establece a un nivel mucho más bajo puesto que se prioriza el suministro asequible de energía para todos los consumidores, en especial los que tienen rentas más bajas.

Los precios de la electricidad y del gas varían de forma sustancial entre los Estados miembros de la UE, incluso cuando se comparan en estándar de poder adquisitivo (es decir, comparando el coste de una «cesta» parecida de bienes y servicios utilizando la moneda local) con respecto a los tipos de cambio extranjeros. En el caso de la electricidad, esto varía por un factor de tres, y un factor de dos, en el caso del gas. La variación refleja las diferencias en los porcentajes de tributación, los precios de insumos de combustibles, la eficiencia de la producción, la estructura de suministro y las distorsiones del mercado que resultan de diferencias en la rapidez de la liberalización del mercado energético (como las subvenciones).

**Figura 5.5 Tendencias en los precios nominales de la energía para el usuario final e ingresos disponibles, UE15**



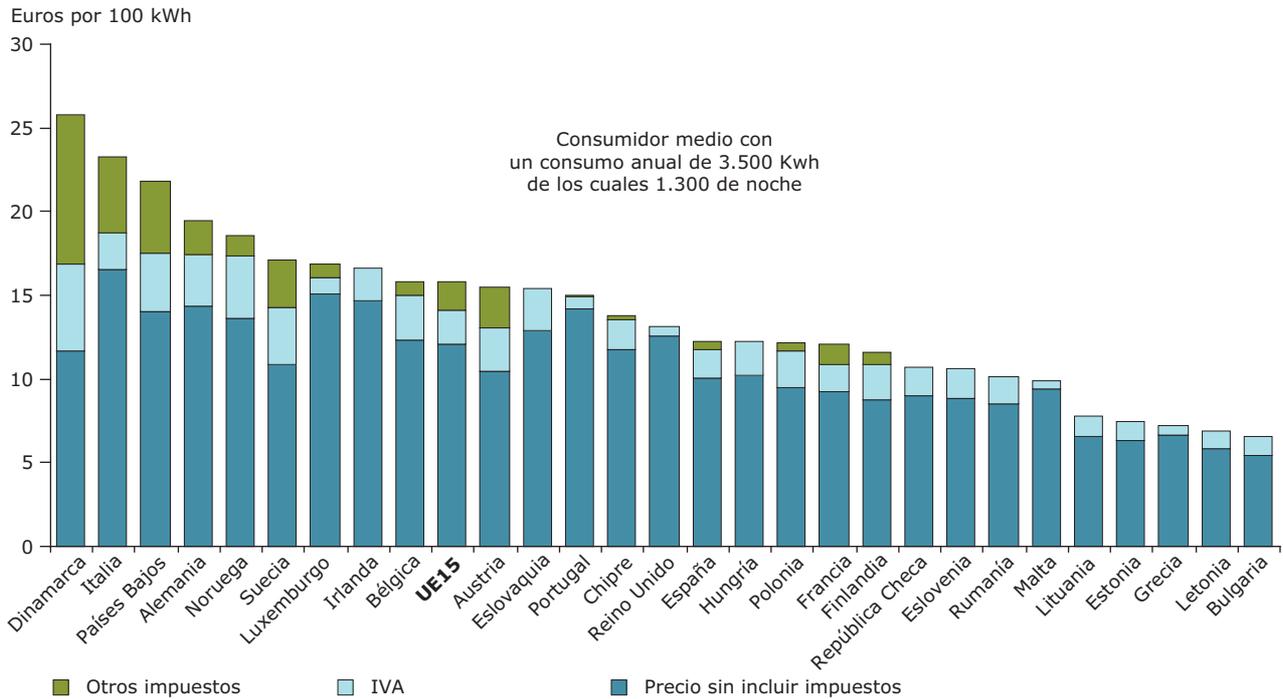
En los Estados miembros de la UE, el rápido aumento de los precios durante el período 2005 y 2007 ha sido más significativo en el caso del gas natural, con un incremento medio de más del 30% (para la UE15). En particular: países como Rumanía, Irlanda, Letonia y el Reino Unido han experimentado subidas de más del 50%. Los precios de la electricidad también aumentaron rápidamente en países como el Reino Unido, Suecia, la República Checa y Rumanía, pero no en la misma medida que el gas, puesto que los combustibles utilizados para la producción de electricidad pueden diversificarse, hasta cierto punto, a medida que aumentan los precios de los insumos.

Letonia tiene los precios de electricidad más bajos de Europa debido a su combinación de combustibles para producirla (cerca del 68% de la producción de electricidad bruta en 2005 provino de plantas hidroeléctricas), la configuración del sistema de producción de electricidad y la ubicación geopolítica (acuerdos bilaterales con Rusia). Una integración planificada con otras zonas de precios bajos en Europa (Escandinavia y Polonia) podría facilitar la introducción de precios más bajos en el futuro y mejorar de forma significativa la competencia entre los productores. Los precios de la energía en Rumanía reflejan una compleja serie de circunstancias de mercado, en particular la necesidad de realizar inversiones en nuevas instalaciones de producción, la reforma del mercado y una subida en los precios del gas importado de Rusia.

**Nota:** No se dispone de datos para Luxemburgo o Irlanda.

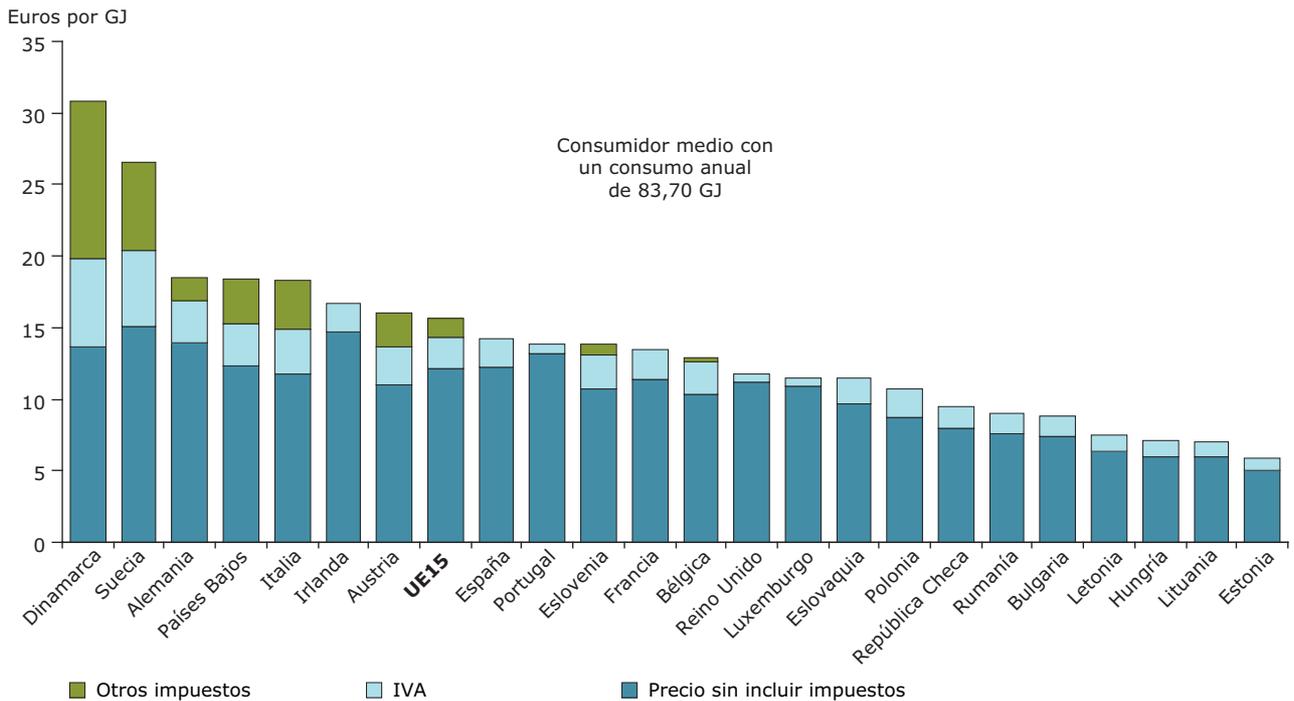
**Fuente:** AEMA; Eurostat.

**Figura 5.6** Porcentaje de los impuestos en los precios de la electricidad pagada por los hogares en 2007



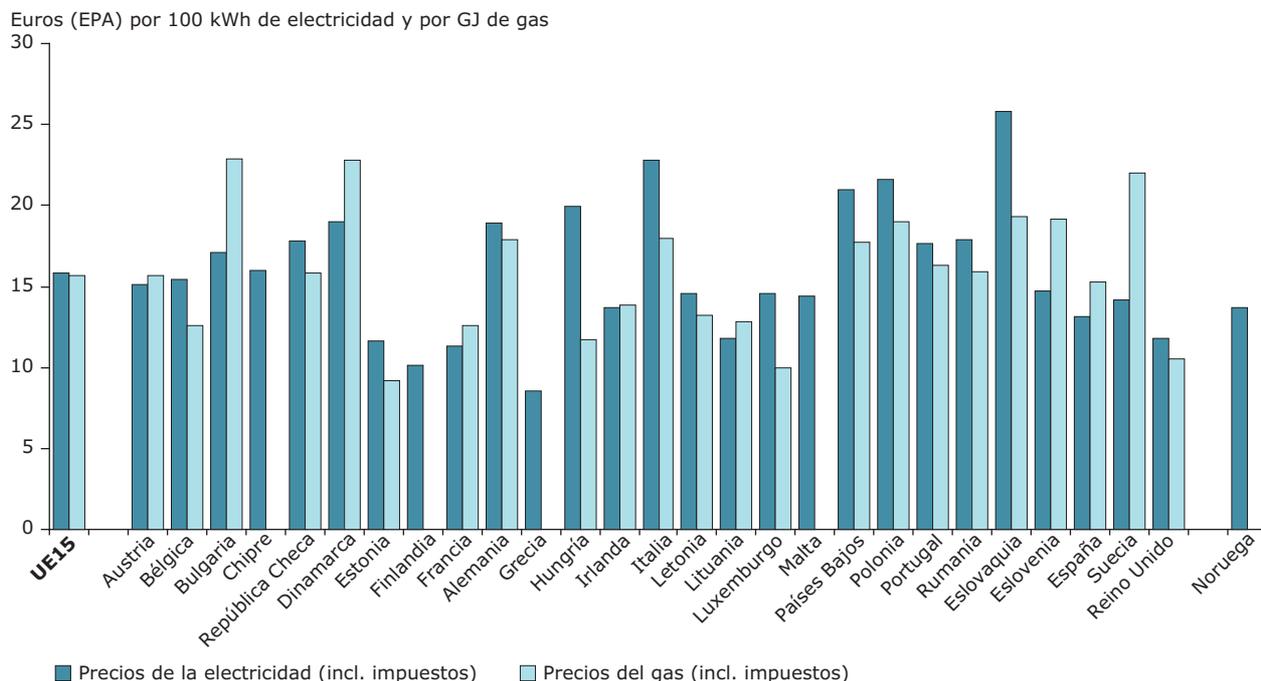
Fuente: Eurostat.

**Figura 5.7** Porcentaje de los impuestos en los precios del gas pagado por los hogares en 2007



Fuente: Eurostat.

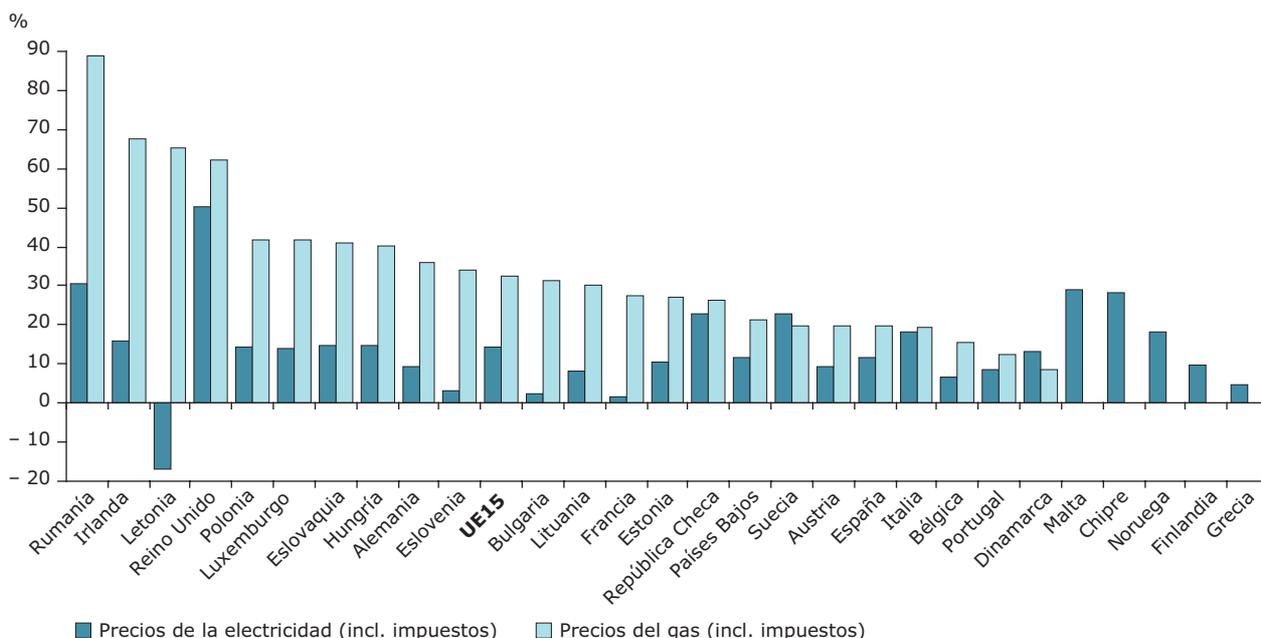
**Figura 5.8 Precios de la electricidad y del gas para los hogares en 2007 — adaptado al poder adquisitivo**



**Nota:** EPA = Estándar de Poder Adquisitivo. El precio de la electricidad (EPA) es el pagado por un consumidor medio con un consumo anual de 3.500 kWh, de los cuales 1.300 se consumen de noche. El precio del gas (EPA) es el de un consumidor medio con un consumo anual de 83,70 GJ. No se dispone de datos sobre el precio del gas para Malta, Chipre, Noruega, Finlandia y Grecia (de ahí que estos dos últimos países no se incluyan en la cifra de la UE15)

**Fuente:** Eurostat.

**Figura 5.9 Cambios en los precios del gas y la electricidad para los hogares, 2005-2007**



**Nota:** El precio de la electricidad es el pagado por un consumidor medio con un consumo anual de 3.500 kWh, de los cuales 1.300 se consumen de noche. El precio del gas es el de un consumidor medio con un consumo anual de 83,70 GJ. No se dispone de datos sobre el precio del gas para Malta, Chipre, Noruega, Finlandia y Grecia (de ahí que estos dos últimos países no se incluyan en la cifra de la UE15)

**Fuente:** Eurostat.

## 6 ¿Cuáles son las tendencias en el consumo energético de los hogares y qué políticas existen para aumentar la eficiencia energética?

### *Mensajes principales*

Deberían aplicarse medidas de eficiencia del uso final de la energía en el sector residencial para garantizar que los servicios energéticos (es decir, calefacción, refrigeración y electricidad) sigan siendo asequibles. Al mismo tiempo, una mayor eficiencia energética aportaría también ventajas sociales y ambientales. Pese al importante potencial para una reducción eficaz de los costes, el consumo de energía en los hogares sigue aumentando.

1. En 2005, el sector residencial en Europa supuso el 26,6% del consumo de energía final. Se trata de uno de los sectores con un mayor potencial de eficiencia energética. Las medidas para reducir la demanda de calefacción/refrigeración en los edificios representan una parte significativa de este potencial. En Irlanda y Letonia, las medidas en el sector residencial representan más del 77% del objetivo global nacional de la Directiva sobre servicios energéticos, mientras que en el Reino Unido, la proporción es de poco más del 50%. Chipre estima que el sector residencial puede aportar una reducción de más de 240 ktep, 1,3 veces el objetivo nacional fijado para 2016 (185 ktep que representan el 10% del consumo interior final, calculado de acuerdo con los requisitos de la Directiva).
2. Entre 1990 y 2005, el nivel absoluto del consumo de energía final en los hogares en la UE27 aumentó un promedio de 1,0% anual.
3. El consumo final de electricidad en los hogares se incrementó a un ritmo más rápido, alcanzando un promedio anual del 2,1%.
4. El consumo de energía final de los hogares por m<sup>2</sup> disminuyó anualmente un 0,4% aproximadamente.
5. Dos factores clave influyen en el consumo de energía global de los hogares: un menor número de personas que viven en casas más grandes y el creciente número de electrodomésticos. Conjuntamente, contribuyen a un aumento en el consumo de los hogares del 0,4% anual

### 6.1 Introducción

Este capítulo explora las tendencias en el consumo de energía final de los hogares, centrándose en la demanda de calefacción y refrigeración, y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. Asimismo examina las iniciativas políticas actuales y las buenas prácticas a la hora de diseñar y vigilar la eficiencia energética en los hogares, basándose en gran medida en los resultados de una reciente reunión de expertos sobre eficiencia energética<sup>(33)</sup>.

En los últimos años, la mayoría de los Estados miembros de la UE también han experimentado importantes aumentos en los precios del gas y la electricidad para los hogares, 33% y 14% respectivamente, de 2005 a 2007 (véase la figura 5.9). Esto se debió en gran medida a la subida de los precios mundiales del petróleo y el gas, pero también a los recientes intentos por incorporar los costes ambientales externos en el precio de la energía (por ejemplo el efecto del RCDE UE en los precios de la electricidad). La renta bruta media de los hogares también aumentó, en línea con los cambios en el precio del gas, pero en los últimos años, el precio de la energía ha subido a un ritmo más rápido. Además, la tendencia general enmascara las importantes diferencias en los niveles de renta y de gasto en energía entre los diferentes hogares.

Aumenta la preocupación sobre la asequibilidad del suministro energético y la proporción de gasto doméstico necesario para mantener unos niveles adecuados de confort — como recalca la comunicación de la Comisión sobre la subida de los precios de la energía (Comisión Europea, 2008g). Esto es especialmente relevante en el caso de la calefacción (que actualmente es el principal componente del consumo energético de los hogares (cerca del 67% de media en la UE15) que está vinculada a repercusiones adversas en ocupantes vulnerables (por ejemplo, mayores tasas de mortalidad invernal para las personas mayores).

<sup>(33)</sup> Celebrada en la AEMA durante el 27 y el 28 de marzo de 2008.

El término genérico para esta cuestión es «indigencia energética». Está causada por la interacción de diversos factores, aunque tres de ellos destacan de forma específica: el estado de eficiencia energética de la propiedad, el coste de la energía y la renta de los hogares.

En el Reino Unido, por ejemplo (véase el recuadro 6.1), se dice que una familia está en un estado de indigencia energética si tiene que gastar más del 10% de sus ingresos en combustible para mantener un régimen de calefacción satisfactorio (normalmente 21 °C para las principales zonas de estar, y 18 °C para otras habitaciones ocupadas) (BERR, 2007).

Un elemento clave a la hora de reducir la indigencia energética es mejorar el nivel de eficiencia energética doméstica, en particular minimizando la demanda de calefacción. Ello ayudará a reducir la energía necesaria para mantener niveles de confort y, por consiguiente, el gasto. Es especialmente importante a la luz del aumento de los precios. Sin embargo, cabe mencionar que quienes se encuentran en una situación de indigencia energética suelen tener ingresos bajos, por lo cual las medidas de eficiencia necesitarán el apoyo gubernamental (por ejemplo, véase el recuadro 6.1).

Aparte del Reino Unido, otros Estados miembros parecen tener medidas (establecidas o en fase de

### Recuadro 6.1 Vigilancia de la indigencia energética en el Reino Unido

El Reino Unido ha sido uno de los primeros países en reconocer formalmente el problema de la indigencia energética y tomar medidas específicas para abordarlo. Entre ellas se incluye el gasto de cerca de 20.000 millones de GBP (libras esterlinas, 26.000 millones de euros) en prestaciones y programas desde 2000, a través de:

- (1) Compromiso para la Eficiencia Energética (*Energy Efficiency Commitment*, EEC) — una obligación de los proveedores de energía de instalar «medidas de eficiencia en los hogares», un determinado porcentaje de actividad debe ir dirigido al grupo «prioritario» de hogares más vulnerables;
- (2) Programas británicos de indigencia energética que ofrecen subvenciones directas para las medidas de eficiencia en los hogares con indigencia energética;
- (3) Pagos de combustible en invierno para los grupos vulnerables de renta baja;
- (4) Programa Viviendas Dignas (Decent Homes) para mejorar la calidad (incluida la eficiencia energética) de las viviendas sociales por parte de las autoridades locales.

El Reino Unido se ha fijado el objetivo de eliminar la indigencia energética en los hogares vulnerables para 2010, y en todos los hogares para 2016. La vigilancia del número de hogares con indigencia energética es una tarea compleja, debido a una serie de fuerzas motrices que interactúan y al hecho de que no es físicamente posible inspeccionar continuamente todos los hogares. Además, fuerzas motrices como el aumento de los precios de la energía se traducen en que, con el paso del tiempo, los hogares pueden incorporarse/reincorporarse a la definición de indigencia energética. Como tal, el indicador de cabecera (sobre el número total de hogares con indigencia energética) se fundamenta en una serie de subindicadores, que a su vez se basan en una amplia gama de estudios con datos extrapolados al ámbito del Reino Unido (BERR, 2007). Entre ellos se incluyen:

Tipo	Indicador(es)
De cabecera	Número total de hogares con indigencia energética
Renta	% de niños, adultos en edad laboral y jubilados que viven en hogares de renta baja Pagos de combustible en invierno y pagos en tiempo de frío
Precio del combustible	Gasto en combustible de los hogares con el 30% de renta más bajo Precio del combustible Otros (por ejemplo cambio de proveedores, desconexiones debidas a la deuda de combustible, clientes con contadores de prepago)
Vivienda	Eficiencia energética (basada en un enfoque de clasificación estandarizado) de las viviendas Niveles de ocupación Exceso de muertes en invierno Gasto en viviendas que reciben ayudas de programas británicos de indigencia energética, Compromiso para la Eficiencia Energética ( <i>Energy Efficiency Commitment</i> , CEE), y acciones de las autoridades locales

desarrollo) específicamente dirigidas a los hogares de renta baja<sup>(34)</sup>. Por ejemplo, en Francia, existen incentivos financieros para los propietarios que deseen tomar medidas de eficiencia energética y repartir los beneficios con sus inquilinos. Además, se ofrecen subvenciones para viviendas de bajo coste a familias de renta baja. En Irlanda se ha puesto en marcha el programa Hogares más calientes (*Warmer Homes Scheme*) que ofrece financiación pública para aplicar medidas de eficiencia energética en hogares de renta baja. Por ahora, 3.000 hogares se han beneficiado del programa. Dado el éxito del mismo, se está considerando la posibilidad de ampliarlo. En los Países Bajos, el plan de subvención TELI se utiliza para apoyar las medidas de ahorro energético en los hogares de renta baja, como las mejoras tecnológicas, el asesoramiento y la información sobre medidas de ahorro de la energía. En los Países Bajos, se consideran hogares de renta baja aquellos que tienen una renta anual inferior a los 14.000 euros. Dada esta situación, estos hogares se enfrentan a dos escollos principales respecto a la eficiencia energética: la falta de recursos financieros para realizar pequeñas inversiones y la falta de acceso a la información relevante. Además de estas medidas específicas, los hogares de renta baja pueden beneficiarse de otro tipo de medidas, más genéricas, como un diseño de vivienda sostenible, un sistema de medición inteligente e incentivos para mejorar los sistemas de calefacción o apoyo para un alumbrado más eficiente, que actualmente existen, o están previstas, en la mayoría de los Estados miembros.

### 6.2 Política de eficiencia energética para la calefacción y refrigeración de los hogares

La importancia del consumo energético en los edificios, especialmente para la calefacción y refrigeración en el sector residencial, se ha reconocido ampliamente y se han introducido políticas para mejorar la eficiencia energética. Dichas políticas contemplan diversas ventajas sociales y ambientales, incluidas unas menores emisiones de CO<sub>2</sub> y una menor contaminación atmosférica, la limitación del gasto doméstico en energía, y unos mayores niveles de confort.

Tres iniciativas políticas clave pueden ayudar a realizar los objetivos de eficiencia energética para la calefacción y refrigeración de edificios residenciales en los Estados miembros de la UE: el Plan de acción

para la eficiencia energética (CE, 2006e), la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios (DEEE) (CE, 2002c) y la Directiva sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos (DES) (CE, 2006f)<sup>(35)</sup>. También es relevante la política de la UE en materia de producción y consumo sostenible. Los principales elementos de la política de la UE en este ámbito incluyen: la política de productos integrada (PPI); la Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales; la Estrategia temática sobre la prevención y el reciclaje de los residuos; el sistema de gestión y auditoría ambientales (EMAS), el sistema de etiquetado ecológico, el Plan de Actuación a favor de las tecnologías ambientales (ETAP, *Environmental Technologies Action Plan*); la contratación pública ecológica; la Directiva de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía (PUE) y el Programa europeo de asistencia para el cumplimiento de la normativa ambiental para PYME.

El «Plan de acción sobre consumo y producción sostenibles y una política industrial sostenible» aprobado en julio de 2008 (CE, 2008h) incluye una serie de políticas relacionadas con los productos, cuyo objeto es mejorar la eficiencia energética de los electrodomésticos y los edificios. En particular, incluye una propuesta para ampliar el alcance de la Directiva sobre diseño ecológico (CE, 2005d) para incluir, no solo a los productos que utilizan energía, sino también otros productos importantes desde el punto de vista ambiental que tienen un impacto sobre el consumo de energía, como las ventanas y los elementos de aislamiento. Asimismo incluye una propuesta para ampliar el alcance de la Directiva sobre etiquetado energético de acuerdo con las conclusiones de la Directiva sobre diseño ecológico.

Además, las conclusiones de la Presidencia del Consejo de Ministros de Energía celebrado el 10 de octubre de 2008<sup>(36)</sup> recalcaron el papel crucial de las medidas de eficiencia energética a la hora de abordar las preocupaciones sobre la seguridad de suministro, reduciendo la necesidad de combustibles fósiles importados, y a la hora de combatir el cambio climático. Asimismo, propusieron la prohibición gradual de la venta de bombillas poco eficientes a partir de 2010, siempre y cuando se disponga de soluciones alternativas a tiempo. Además, se pidió a la Comisión que presentara una propuesta para revisar la Directiva relativa al rendimiento energético de los edificios e informara sobre el uso de la CEC para

<sup>(34)</sup> Esta información se ha extraído de los Planes de Acción Nacionales de Eficiencia Energética presentados por los Estados miembros en julio de 2007, tal como exigía la Directiva DES. Los planes pueden consultarse en [http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end\\_use\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end_use_en.htm). Estos planes seguirán abordándose en los siguientes apartados del presente capítulo.

<sup>(35)</sup> Se puede obtener más información sobre las medidas de eficiencia energética aplicadas por los Estados miembros de la UE y terceros países en la base de datos MURE (<http://www.isis-it.com/mure/>), la base de datos sobre eficiencia energética de la AIE (<http://www.iea.org/Textbase/effi/index.asp>), y el proyecto ODYSSEE (<http://www.odyssee-indicators.org/>).

<sup>(36)</sup> Consejo Europeo, Documento 13649, Bruselas, 9–10 de octubre de 2008 y proyecto de informe sobre seguridad energética elaborado por la Presidencia francesa, Documento 13827/1/08, Bruselas, 8 de octubre de 2008.

evaluar el impacto en la eficiencia de la producción de energía en noviembre de 2008. Asimismo, se pidió a la Comisión que, en colaboración con el Banco Europeo de Inversiones, identificara mecanismos financieros adecuados para mejorar la eficiencia energética, dirigidos a los municipios y a las pequeñas y medianas empresas.

El objetivo del Plan de acción para la eficiencia energética es reducir el consumo de energía primaria un 20% para 2020 tomando 2005 como año base, comparado con el escenario sin cambios (escenario de referencia). El plan parte de un potencial de reducción en los hogares de hasta el 25%. Se tiene prevista una serie de políticas y medidas, entre ellas: financiación de la eficiencia energética; incentivos económicos y precios de la energía; cambio de la conducta energética; y participación en asociaciones internacionales<sup>(37)</sup>. Los objetivos de la DEEE<sup>(38)</sup> consisten en mejorar el rendimiento energético de los edificios a través de medidas eficaces y racionalizar las normas para converger con las que puedan aportar un ahorro energético ambicioso. El objetivo principal de la DES consiste en lograr una reducción del 9% en el consumo de energía final a lo largo de un período de 9 años (2008–2016). Se trata de un objetivo de carácter indicativo, pero se controlará y se documentará cuidadosamente. En 2007, los Estados miembros presentaron planes de acción en los que describían las medidas que habían tomado para alcanzar el objetivo. Todas las medidas han de ser verificables y medibles, o han de poderse estimar. Estas medidas no se considerarán de forma aislada. Por ejemplo, algunos cálculos (ECN, 2006) muestran que las medidas consideradas según la DES podrían aportar hasta un tercio del objetivo del 20% fijado en el Plan de acción de eficiencia energética. La diferencia entre las dos políticas se explica por el hecho de que tienen una base diferente: consumo de energía final frente a consumo de energía primaria. Además, no todos los sectores están cubiertos por la DES (a diferencia del Plan de acción para la eficiencia energética) y el período cubierto por la DES es más breve que el del Plan de acción.

Un examen más detenido de las medidas enumeradas en los Planes de acción nacionales para la eficiencia energética<sup>(39)</sup> que presentaron los Estados miembros para cumplir con los requisitos de la DES, evidencia el

importante papel del sector residencial en el consumo de energía final. Asimismo, muestra el potencial de un ahorro importante de energía y una reducción del CO<sub>2</sub> en este sector. Dado el contexto global del informe, dedicaremos el resto de este capítulo al sector residencial.

Como puede apreciarse en la tabla 6.1, la cuota del sector residencial en el consumo anual interior de energía final- CFIE<sup>(40)</sup> - supera el 25% en la mayoría de los países (a excepción de Chipre). En algunos casos (Hungria, Polonia, Rumanía, el Reino Unido), la cuota del sector residencial en el CFIE supera el 35%. Las expectativas de que el sector residencial pueda alcanzar una parte importante de los objetivos fijados por la DES son igualmente altas. Por ejemplo, en Irlanda y Letonia, las medidas en el sector residencial representan más de 77% del objetivo nacional global, mientras que en el Reino Unido, el porcentaje se sitúa por encima del 50%. Por otra parte, Chipre estima que se puede ir mucho más allá en el sector residencial, superando así el objetivo nacional fijado para 2016. Es probable que el sector residencial tenga menos impacto sobre el objetivo nacional en países como Bulgaria, Malta y Eslovaquia. Algunos países como Alemania, Suecia y el Reino Unido esperan alcanzar una parte importante de su objetivo para 2016 antes de 2010, mientras que otros países, como Hungría, Letonia, Lituania y Eslovenia, esperan que el plan aporte resultados sobre todo después de 2010.

Todos los Estados miembros han aplicado, están emprendiendo o tienen previsto introducir medidas para mejorar el rendimiento energético del exterior y de los sistemas de calefacción de los edificios, y para incrementar la cuota de fuentes renovables en el sector residencial. Estas medidas contribuyen a una parte significativa del plan nacional en todos los Estados miembros, demostrando la importancia de los costes de calefacción y refrigeración en la factura energética global de los hogares, y el alto potencial para reducir el consumo energético de los edificios. Todos los Estados miembros de la AEMA incluyeron medidas destinadas a cambiar la conducta del cliente, como la mejora de la transparencia de la factura energética, la medición inteligente y las campañas informativas. Las medidas como el etiquetado energético de los electrodomésticos y el apoyo a las bombillas de bajo consumo también

<sup>(37)</sup> Como la Asociación Internacional de Cooperación para la Eficiencia Energética liderada por la CE-EE.UU.-Japón y coordinada a través de la AIE/OCDE.

<sup>(38)</sup> Por ejemplo, existen planes para modificar la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios durante 2008. Los principales ámbitos que se deberán considerar en la directiva modificada incluyen: ampliar su alcance a edificios con un suelo que no supere el umbral de los 1.000 m<sup>2</sup> (dado que tales edificios cubren más del 70% de todos los edificios de la UE, la ampliación del alcance de la directiva afectaría a la mayor parte de los edificios de la UE), ampliar el papel del sector público para predicar con el ejemplo en materia de edificios eficientes desde el punto de vista energético, reforzar el papel de los certificados de rendimiento energético requeridos por la directiva y medidas para los Estados miembros para facilitar la financiación de inversiones que supongan mejoras de rendimiento en el sector de los edificios. Para más información, véase: EPBD buildings platform Boletín nº 018, diciembre de 2007.

<sup>(39)</sup> Todos los planes de acción están disponibles en: [http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end\\_use\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end_use_en.htm).

<sup>(40)</sup> Calculado tal como exige la Directiva sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, y por ello excluyendo a entidades sujetas al RCDE UE.

tienen por objeto reducir el consumo de electricidad. Algunos países han incluido medidas innovadoras en sus Planes de acción nacionales para la eficiencia energética. Por ejemplo, en los Países Bajos se están desarrollando proyectos piloto sobre medidas de ahorro de energía junto con los propietarios de edificios y las compañías de calefacción urbana. En 2007, el Gobierno holandés identificó 40 distritos que debían ser modernizados y las autoridades nacionales y locales cooperarán con los residentes locales para modernizar sus barrios. Los distritos que participan en el proyecto también tienen un número importante de hogares de renta baja. Las autoridades locales y las empresas de alquiler de viviendas contribuirán financieramente a las medidas de eficiencia energética en estos distritos.

Lo que no está tan claro en estos primeros planes nacionales es cómo se aplicarán y controlarán realmente estas medidas. Muy pocos países incluyen información detallada sobre cómo tienen previsto vigilar la eficacia de la política. Por ejemplo, en la República Checa la vigilancia del consumo de combustible se basará principalmente en las estadísticas energéticas y en las encuestas realizadas en hogares. En Dinamarca, a lo largo de 2008 se emprenderá una revisión de medidas y se adoptará un formato estándar de procedimiento de licitación pública para garantizar una aplicación sencilla de la política y promover una contratación pública ecológica. En los Países Bajos, la empresa Kompas es una entidad especializada que trabaja con partes interesadas para desarrollar estrategias para la eficiencia energética y la reducción de CO<sub>2</sub> y controla anualmente el progreso a través de paneles de usuarios.

Por último, si bien las medidas enumeradas en los planes de acción nacionales para la eficiencia energética tendrán un impacto sobre el compromiso de muchos países para reducir las emisiones de GEL, muy pocos Estados miembros han incluido esta cuantificación en esta fase. Por ejemplo, en Alemania se espera que algunas medidas adoptadas por los hogares logren una reducción de emisiones de casi cuatro Mt de CO<sub>2</sub>, lo cual representa más del 70% del objetivo residencial del país en virtud del programa nacional para el cambio climático.

Este repaso breve y parcial de los planes de acción nacionales revela que es preciso hacer un gran esfuerzo si se quiere que los hogares aborden las cuestiones relacionadas con la energía de costes, la seguridad de suministro y la sostenibilidad. Además, los hogares pueden contribuir de forma significativa a la reducción del cambio climático. Por consiguiente, es necesario emprender una acción urgente en el ámbito regional y local, así como a escala del ciudadano europeo individual, para complementar las iniciativas nacionales y europeas destinadas a aplicar las medidas de eficiencia energética.

Fuera de la UE, recientemente se han puesto en marcha diversos programas e iniciativas políticas importantes a nivel federal en EE.UU. para abordar la eficiencia energética. El programa de tecnologías de la construcción (con una financiación de cerca de 124 millones de dólares) apoya diversos ámbitos incluida la I+D de tecnologías y prácticas de construcción energéticamente eficientes; la colaboración con grupos reguladores estatales y locales, entre otros, para mejorar los códigos de construcción; y la promoción de la transformación del mercado, concienciando a los propietarios de casas, los constructores y los promotores. El programa tiene objetivos específicos. Para los edificios nuevos: una reducción del 70% en el consumo de energía y un aumento del 30% en la generación de electricidad *in situ*, lo cual permitirá diseñar y construir casas de energía cero para 2020. Para los edificios existentes: una reducción del 30% para 2020.

Otro importante instrumento político es la Ley de independencia y seguridad energética (EISA, *Energy Independence and Security Act*), firmada el 19 de diciembre de 2007. Esta ley se centra principalmente en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y se compone principalmente de disposiciones diseñadas para incrementar la eficiencia energética y la disponibilidad de energías renovables. Los datos sobre la aplicación de la EISA se incluirán en las normas de la agencia federal, que aún tienen que redactarse (para más información sobre políticas recientes en materia de eficiencia energética en EE.UU. y China, véase también el capítulo 7).

### 6.3 Consumo de energía y emisiones de los hogares

El consumo de energía de los hogares se ve afectado por una serie de factores tales como las condiciones climáticas, la eficiencia energética y los cambios en la demanda (debidos, por ejemplo, a la creciente riqueza y adquisición de productos que consumen energía o los cambios en los precios de la energía). Para vigilar debidamente el efecto de las políticas de eficiencia energética, los impactos de mejora en la eficiencia deberían separarse en la medida de lo posible de los demás factores (en el anexo 2 volveremos a tratar las cuestiones relacionadas con la vigilancia y los datos).

Entre 1990 y 2005, el consumo de energía doméstica *per cápita* aumentó en la mayoría de los Estados miembros, y un 11,6% en la UE27 (figura 6.1). Solo cinco Estados miembros redujeron su consumo de energía *per cápita*. En algunos países, la tendencia a la baja en el consumo de energía es el resultado de medidas para mejorar las normas de construcción, pero en otros es más probable que sea un resultado de los cambios en la economía y en el uso de calefacción urbana. El

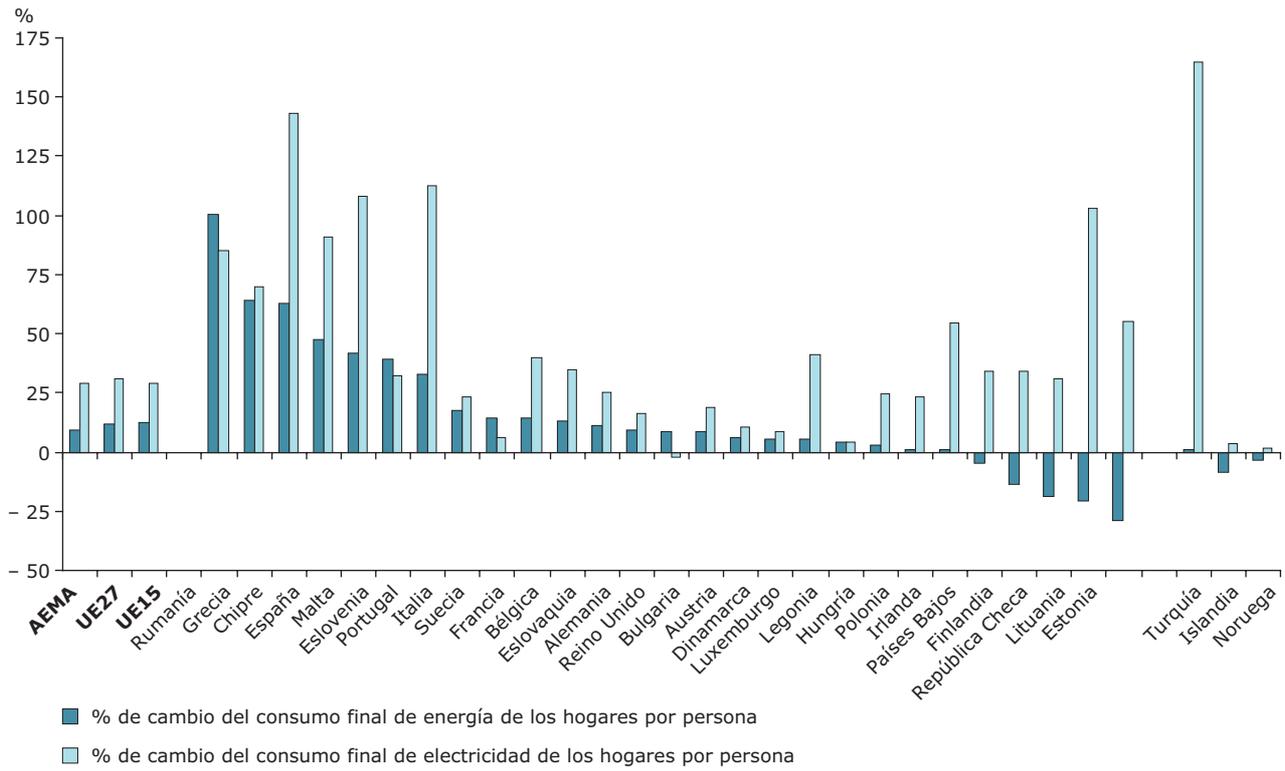
**Tabla 6.1** Visión general de los objetivos y estimación de la reducción de emisiones en el sector residencial con arreglo a la Directiva DES

País	CFIE	Unidad	Objetivo 2010 (uo)	Objetivo 2010 (% CFIE)	Objetivo N 2016 (uo)	Objetivo N 2016 (o/o CFIE)	Res. (uo)	Res. (o/o CFIE)	Sav. res (uo)	Sav. res. (% nt)	CO <sub>2</sub> res. (Mt de CO <sub>2</sub> )
Alemania	9.261	PJ	659	7	1.080	12	0	0	0	0	3,86 (partial)
Austria	893.406	TJ	17.868	2	80.407	9	273.933	30,7	n.d.	n.d.	n.d
Bulgaria	6.968	ktoe	209	3	627	9	2.160,6	31	52,8	8,4	n.d
Chipre	1.842,73	ktoe	60	3	185	10	242,4	13,2	264	142,7	n.d
Eslovaquia	413.500	TJ	12.405	3	37.215	9	0	0	5.210	14	n.d
Eslovenia	47.349	GWh	1.184	2,5	4.261	9	139,72	29,5	1.165	27,3	0,331
Finlandia	197.700	GWh	5.900	3	17.800	9	56.820	28,7	5.110	28,7	n.d
Francia	133,3	Mtoe	5	4	12	9	0	0	n.d.	n.d.	n.d
Hungría	177.276	GWh	1.773	1	15.955	9	75.725	42,7	3.550	22,3	n.d
Irlanda	145.741	GWh	6.500	4	13.117	9	0	0	10.315	78,6	n.d
Italia	1.316.261	GWh	35.658	3	126.327	10	333.315,8	25,3	2.701	77,5	n.d
Letonia	38.701	GWh	67	0,17	3.483	9	42,8	42,8	0	0	n.d
Lituania	3.607,5	ktoe	54	1,5	400	11	0	0	0	0	n.d
Luxemburgo	1.7576	GWh	527	3	1.825	10	898	49,2	58	15,3	n.d
Malta	4.195	GWh	126	3	378	9	58	15,3	46,1	0	n.d
Países Bajos	568.777	GWh	11.376	2	51.190	9	156.000	27,4	23.576	46,1	n.d
Polonia	593.908	GWh	11.878	2	53.452	9	211.561	35,6	0	0	n.d
Reino Unido	151.7000	GWh	136.500	9	272.700	18	556.800	36,7	142.100	52,1	9,3
República Checa	220.462	GWh	4.126	2	19.842	9	0	0	6.048	30,5	n.d
Rumanía	20.840	ktoe	940	4,51	2.800	13	7.665	36,8	n.d	n.d.	n.d
Suecia	359 000	GWh	23.300	6,49	32.300	9	0	0	0	0	n.d

**Notas:** CFIE= consumo interior de energía final dentro del alcance de la Directiva DES (excluido el consumo de entidades con arreglo a RCDE UE); Objetivo 2010 (uo) =objetivo intermedio como exige la Directiva DES en unidad original; objetivo 2010 (% CFIE) = objetivo intermedio como% de CFIE; Objetivo N 2016 (uo) = objetivo nacional para el año 2016 (en esta tabla se tienen en cuenta los objetivos adoptados; en algunos países el objetivo nacional es más alto que min. 9%); Objetivo N 2016 (% CFIE)= objetivo nacional como% de CFIE; Res.(uo) = consumo final de energía en el sector residencial (unidad original); Res.(% CFIE) = cuota del consumo final residencial en CFIE; Sav.res.(uo) = ahorro estimado esperado en el período 2008-2016; Sav.res (% nt) = ahorro estimado esperado en el sector residencial en el período 2008-2016 como% del objetivo nacional global para 2016; CO2 res. (Mt CO2) = reducciones estimadas de las emisiones de CO2 del sector residencial en el período 2008-2016. Cuando los países ofrecieron los cálculos del objetivo nacional y CFIE utilizando coeficientes para el consumo de electricidad distintos a 2,5, tal como recomienda la Directiva (además de los cálculos usando el coeficiente 2,5), los valores considerados en la Tabla 6.1 corresponden a CFIE y los objetivos nacionales calculados usando el coeficiente 2,5 (por ejemplo, Alemania). Cuando los países facilitaron un mínimo y un máximo para el ahorro energético, se tuvo en cuenta el valor mínimo (por ejemplo, Hungría, Malta, los Países Bajos). Esto ofrece una visión más bien conservadora de lo que cabe esperar que consigan los Planes de acción nacionales para la eficiencia energética en el sector residencial pero parece un enfoque razonable, dada la falta de información detallada en muchos casos sobre cómo van a controlarse y aplicarse estas políticas. Dado que el foco de atención de este debate se sitúa en el año 2016, y la contribución general esperada del sector residencial con arreglo a la DES, no se estableció ninguna distinción entre las posibles contribuciones de medidas con arreglo a acciones tempranas, políticas actuales y previstas, aunque en algunos casos las acciones tempranas parecen desempeñar un papel significativo en el plan global (por ejemplo Suecia). En algunos casos, no fue posible evaluar la energía estimada y la reducción de CO2 del sector residencial, no porque no se facilitara información, sino porque el sector residencial se trató junto con otros sectores (por ejemplo los servicios).

**Fuente:** Planes de Acción nacionales para la eficiencia energética; cálculos de la AEMA.

**Figura 6.1 % de cambio del consumo final de energía de los hogares por persona, 1990–2005**



**Nota:** Población estimada el 1 de enero de cada año.

**Fuente:** Eurostat.

aumento en el consumo de electricidad ha sido incluso más elevado, un 31,1% en la UE27, y todos los Estados miembros muestran un aumento del consumo excepto Bulgaria (debido a un ligero descenso del consumo de electricidad *per cápita* de los electrodomésticos y el alumbrado, que representa 2/3 del consumo total de electricidad de los hogares). El consumo en Chipre, Malta, Portugal y Estonia ha aumentado más del 100%.

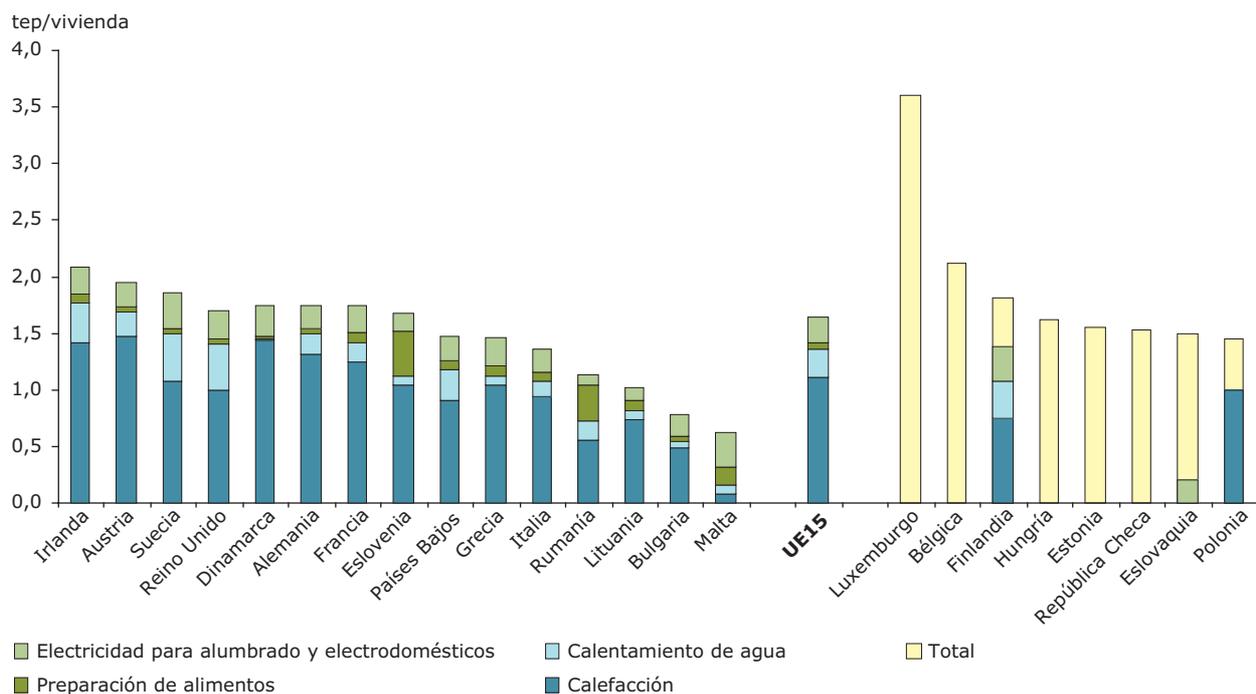
La calefacción es el principal componente del consumo energético en casi todos los Estados miembros, representado el 67% a escala de la UE15, seguida del calentamiento de agua y los electrodomésticos/alumbrado (figura 6.2). Estas cifras se basan en estimaciones (por ejemplo a partir de encuestas) o en la elaboración de modelos, dado que no es posible medirlas directamente. Por ejemplo, resulta difícil distinguir entre hogares en los que una caldera central ofrece a la vez calefacción y agua caliente, o las viviendas que utilizan la electricidad como calefacción. La proporción usada para la calefacción depende de factores como el nivel de eficiencia térmica del edificio, el grado de utilización de fuentes renovables y las condiciones climatológicas.

Los índices de eficiencia energética pueden definirse como la proporción entre el consumo real de energía en el sector en un año t y la suma del consumo energético

para cada subsector/uso final subyacente en un año t (sobre la base del consumo unitario del subsector en un año de referencia, en este caso 1990). De ahí que un valor de 88 en 2005 para los hogares de la UE27 indique un aumento del 12% en la eficiencia energética en relación con el año base. Los índices sectoriales mostrados en la figura 6.3 se componen de un número de indicadores de consumo unitario ponderados a fin de ofrecer una mejor indicación del aumento de la eficiencia energética que simples variaciones de intensidad. Para los hogares, la evaluación se ha realizado en el ámbito de tres usos finales (calefacción, calentamiento de agua y preparación de alimentos) y cinco grandes electrodomésticos (frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas y televisores). Para cada uso final, se utilizaron los siguientes indicadores para medir el progreso de la eficiencia: calefacción – consumo unitario por m<sup>2</sup> con clima normal (tep/m<sup>2</sup>); calentamiento de agua – consumo unitario por vivienda con calentamiento de agua y preparación de alimentos – consumo unitario por vivienda.

La eficiencia energética en la UE15 aumentó de forma constante a mediados del decenio de los noventa, pero el ritmo ha disminuido desde entonces. Un análisis más detallado, documentado por Odyssee, demuestra que el componente de calefacción sigue la misma tendencia debido a una penetración más amplia de calderas

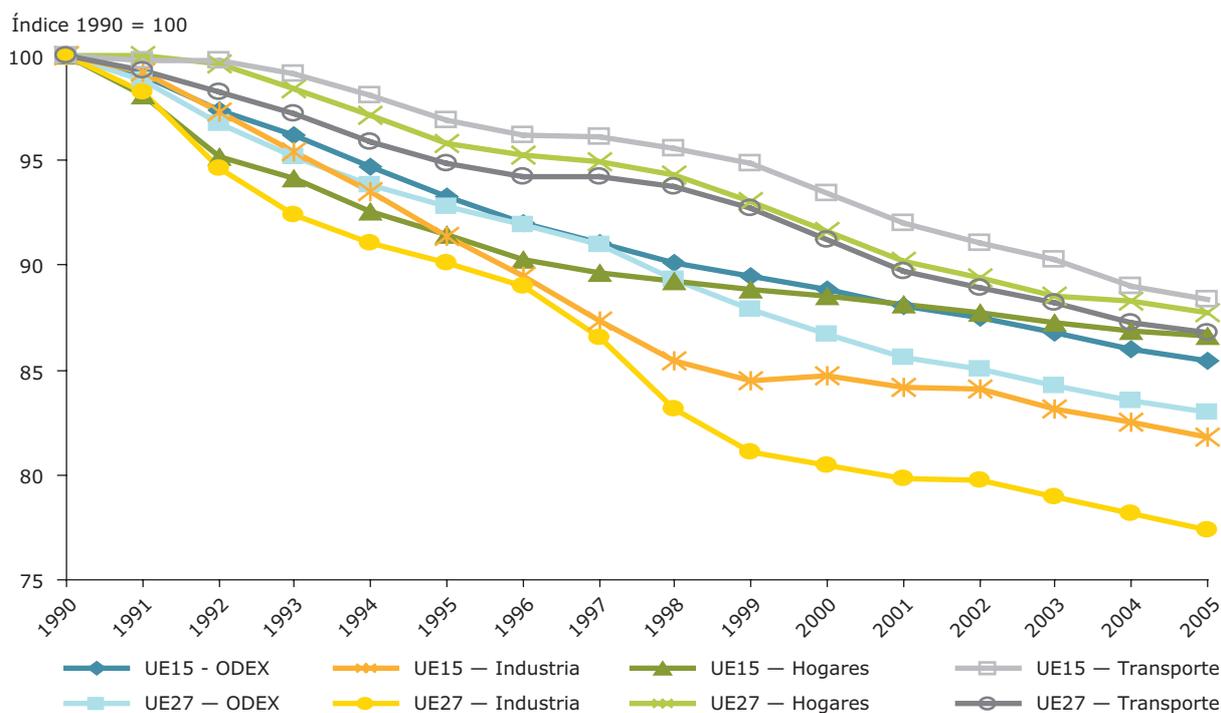
**Figura 6.2 Consumo de energía por uso final por vivienda, 2005**



**Nota:** No se dispone de un desglose completo del consumo energético por uso final para los países enumerados a la derecha del gráfico de la UE15 y de ahí que solo se muestren los usos finales totales y disponibles.

**Fuente:** Odyssee.

**Figura 6.3 Odyssee ODEX – índice de eficiencia energética**



**Nota:** ODEX es el índice de eficiencia energética total de los otros tres factores.

**Fuente:** Odyssee.

de condensación de alta eficiencia y la aplicación de opciones más baratas y sencillas (como el aislamiento de desvanes) en viviendas existentes.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por vivienda a partir del uso directo de combustibles en los hogares disminuyeron lentamente tanto en la UE15 como en la UE27 en el período hasta 2005 (17% y 23% respectivamente) (figura 6.4). Ello se debe en gran medida al aumento de la eficiencia térmica de los edificios, así como a la mayor eficiencia de los sistemas de suministro energético (sobre todo calderas) en los hogares. Las emisiones relacionadas con la electricidad también disminuyeron ligeramente pese al aumento de consumo de electricidad de los hogares de casi el 19% por vivienda en la UE-27, debido, en parte, a un uso más extendido de los electrodomésticos. El descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub> fue el resultado de aumentos en la intensidad de carbono de la producción de electricidad (véase la figura 1.4), aunque la disminución de las emisiones globales se ha visto reducida por el aumento del número de viviendas en Europa.

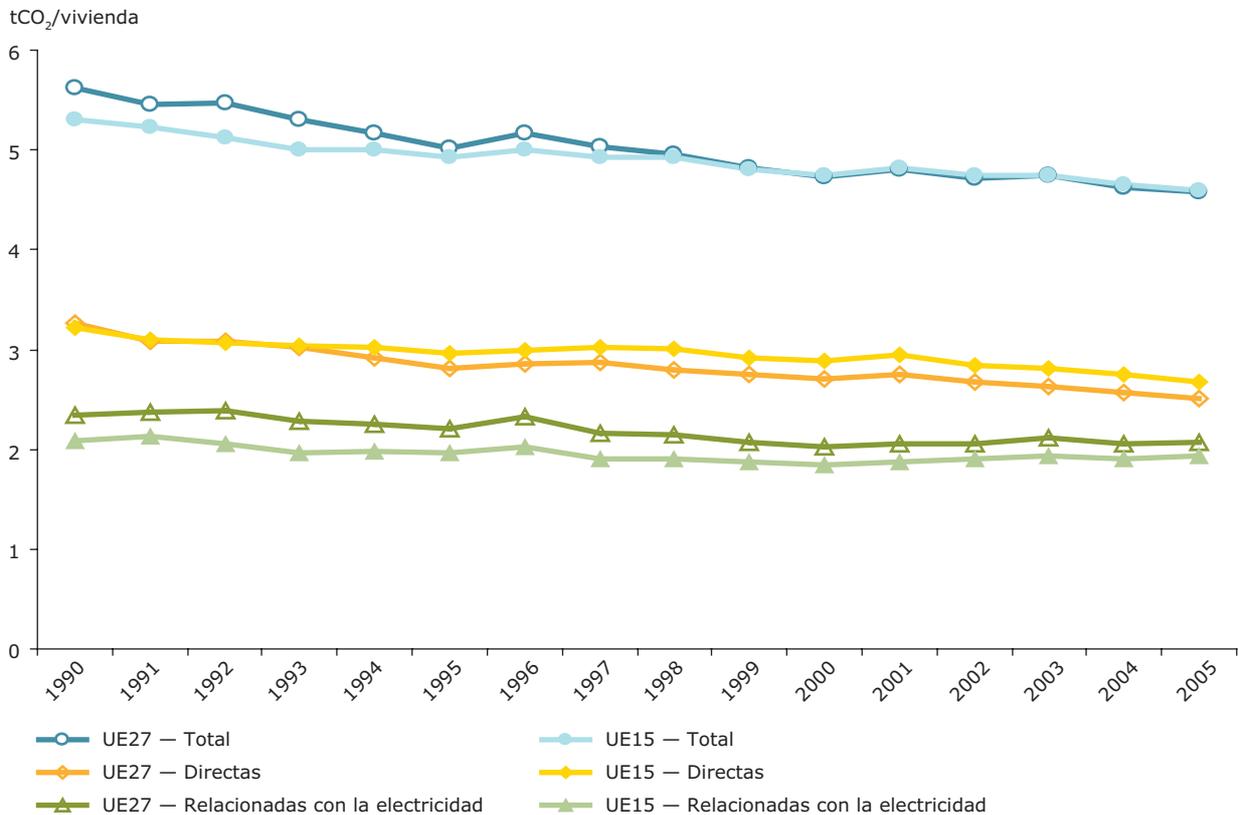
El presente capítulo trata de la energía y las emisiones generadas por el uso final en los hogares, incluido el uso de electricidad y de combustible directo. Los

informes en el marco del CMCC y el Protocolo de Kioto imputan las emisiones producidas por la electricidad al sector eléctrico y las emisiones domésticas hacen referencia únicamente al uso de combustible directo como gas para la calefacción.

El consumo energético para la calefacción por m<sup>2</sup> (para tener en cuenta las variaciones en el tamaño de las viviendas) disminuyó en cerca del 12% en la UE15 y en prácticamente todos los Estados miembros entre 1990 y 2005, a excepción de Grecia e Italia. En muchos países, el nivel de confort, representado por la temperatura y el período de calefacción, ha aumentado con el paso del tiempo, lo cual, a su vez, ha aumentado el consumo. En la figura 6.5 el consumo, adaptado al clima medio de la UE, ofrece una ilustración amplia de las diferencias en la eficiencia de calefacción entre los Estados miembros. Los que se encuentran por debajo de la media de la UE15 son, en términos generales, más eficientes; sin embargo, el gráfico no recoge el impacto de variables como los niveles de confort y ocupación, que pueden diferir mucho entre los países.

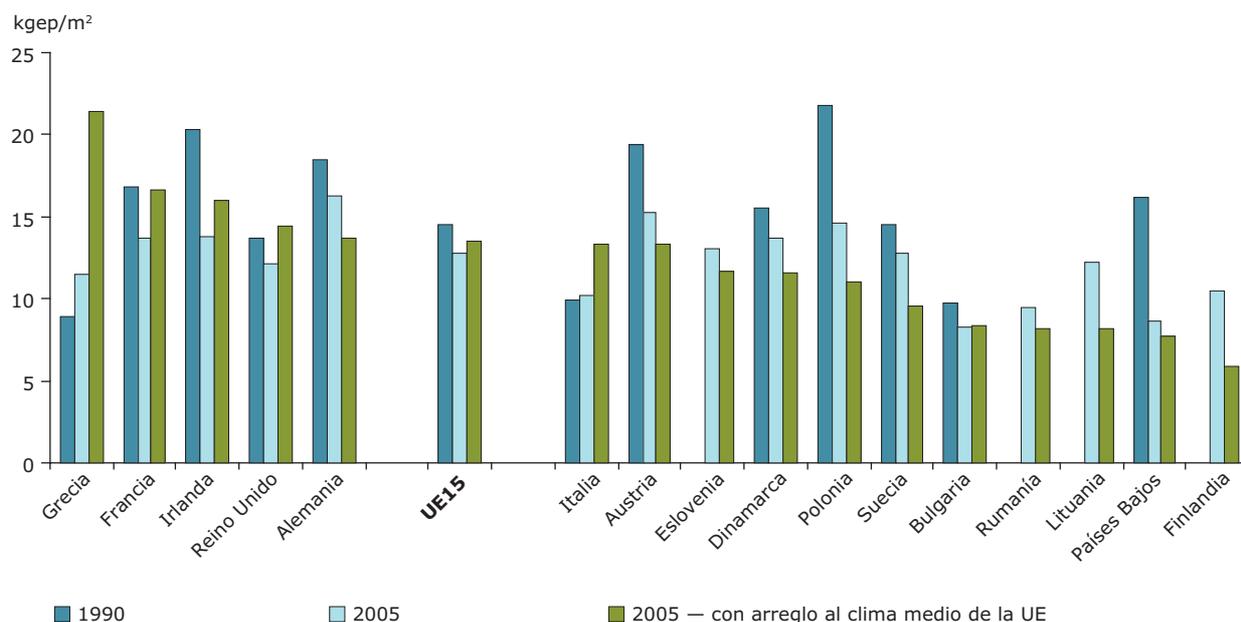
Las barras coloreadas de la figura 6.6. representan las emisiones del uso directo de combustibles para la calefacción en los hogares. Las diferencias en las

**Figura 6.4 Emisiones de CO<sub>2</sub> de los hogares por vivienda, con corrección climática**



Fuente: Odyssee.

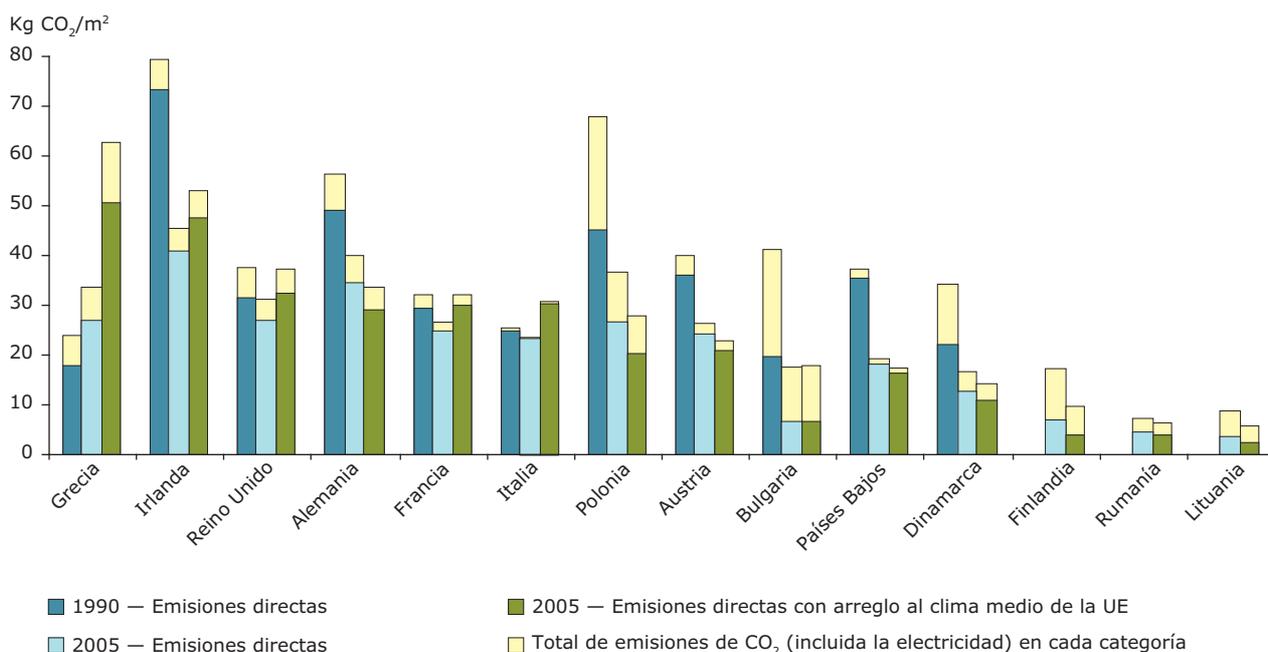
**Figura 6.5 Consumo energético de los hogares, calefacción por m<sup>2</sup>, con corrección climática**



**Nota:** Los datos entre 1990 y 2005 incluyen corrección climática frente al clima medio a largo plazo de cada país, mientras que la última serie incorpora una corrección climática y está adaptada al clima medio a largo plazo de la UE para justificar las diferencias de temperatura entre países.

**Fuente:** Odyssee.

**Figura 6.6 Emisiones de CO<sub>2</sub>, calefacción por m<sup>2</sup>, con corrección climática**



**Nota:** Los datos entre 1990 y 2005 incluyen corrección climática frente al clima medio a largo plazo de cada país, mientras que la última serie incorpora una corrección climática y está adaptada al clima medio a largo plazo de la UE para justificar las diferencias de temperatura entre países.

**Fuente:** Odyssee.

emisiones de CO<sub>2</sub> para la calefacción por m<sup>2</sup> entre los países reflejan en términos generales el nivel de consumo energético por m<sup>2</sup> en la figura 6.5., con solo una pequeña contribución de la combinación de combustibles. Las diferencias en la intensidad de carbono del sistema de electricidad usado para la calefacción y el uso de CEC redujeron las emisiones en países como Finlandia, Rumanía y Lituania. En 2005, las emisiones de estos países (adaptadas a la media de clima de la UE) eran más de cinco veces inferiores a las de países como Grecia.

En 2004, el consumo energético medio por vivienda en la UE15 se encontraba tan solo un 3% por debajo del nivel de 1990, mientras que el índice de eficiencia energética estaba un 12% por debajo (véase la figura 6.3). Esto significa que los cambios de estilo de vida han contrarrestado casi todas las mejoras de eficiencia energética logradas. Se cuantificaron tres influencias principales para medir el impacto de estos factores sobre el consumo anual medio por hogar:

- el incremento en el tamaño medio de las viviendas;
- la popularización de los electrodomésticos y la calefacción central, es decir, la influencia de la posesión de un mayor número de electrodomésticos;

- conducta en relación con cambios en los niveles de confort (por ejemplo agua caliente, temperatura de la calefacción y período de uso).

La figura 6.7 muestra el efecto de estos factores sobre el consumo doméstico. Las viviendas más grandes y el aumento en el número de electrodomésticos han contribuido a aumentar el consumo por hogar en cerca de un 0,4% anual. Estos dos factores contrarrestan en parte el progreso realizado en la eficiencia energética (-0,8% anual) y la conducta (casi -0,2% anual) lo cual da como resultado un descenso neto del consumo (barra azul oscuro) de tan solo el 0,2% anual.

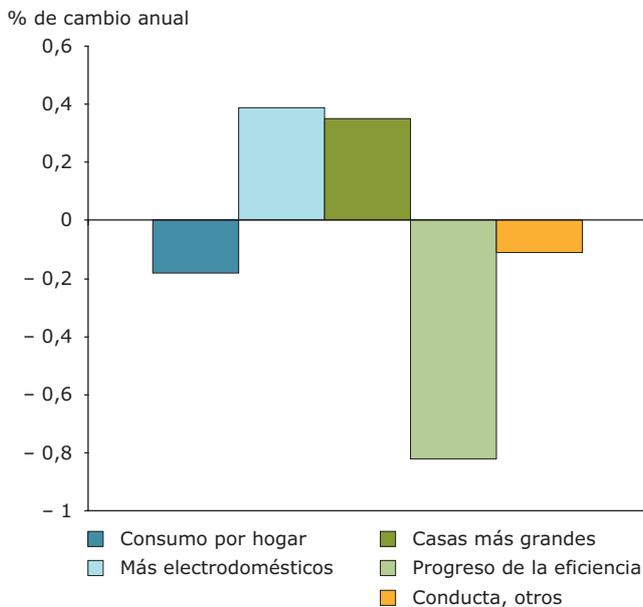
### 6.4 Buenas prácticas en el diseño y la evaluación de políticas

En el caso de los hogares, resulta difícil definir las buenas prácticas en el diseño y vigilancia las políticas de eficiencia energética, porque el éxito de dichas medidas puede depender de las condiciones locales y de la disponibilidad de suficientes datos. Se han realizado diversos proyectos destinados a definir las buenas prácticas. En Europa, cabe destacar AID-EE<sup>(41)</sup>, BEHAVE<sup>(42)</sup> y MURE<sup>(43)</sup>.

En la reunión de expertos de la AEMA se esbozaron una serie de principios generales que pueden servir de base para diseñar y aplicar buenas políticas de eficiencia energética en los hogares. Por ejemplo:

- La selección de opciones de eficiencia rentable ya existentes. Por lo general, éstas deberían emprenderse antes de pasar a enfoques más innovadores, salvo que se demuestre que los nuevos enfoques tienen un mayor impacto. La innovación también es vital para ampliar el potencial de mejoras de la eficiencia en el futuro.
- Las políticas y medidas deberían ir dirigidas a abordar el problema desde la raíz. Es preciso acelerar la penetración en el mercado de tecnologías limpias y eficientes, acelerar la eliminación de material viejo y evitar que se comercialicen equipos poco eficientes o que se construyan edificios ineficientes. Por ejemplo, es preciso que la política aborde directamente las barreras que impiden su aceptación, como la falta de finanzas para la inversión.
- Las políticas deberían ofrecer una perspectiva a largo plazo para crear un entorno estable para las inversiones, pero también han de ser sensibles a los cambios en el mercado, las circunstancias económicas y sociales.

**Figura 6.7 Motores del cambio en el consumo anual medio por hogar en la UE15 entre 1990 y 2004**



Fuente: Odyssee.

<sup>(41)</sup> <http://www.aid-ee.org/>.

<sup>(42)</sup> <http://www.energy-behave.net/>.

<sup>(43)</sup> <http://www.mure2.com/>.

- Las políticas y medidas deberían tener en cuenta la psicología del consumidor, por ejemplo la aversión a los impuestos o los razonamientos que controlan los hábitos de compra.
- Debería adoptarse un enfoque integrado para el diseño de políticas y medidas que tenga en cuenta el impacto sobre otros objetivos políticos<sup>(44)</sup>.
- Los riesgos y las ventajas de las políticas y las medidas aplicadas posteriormente por grupos de presión fuertes deberán sopesarse con cuidado desde el principio. Por ejemplo, puede resultar ventajoso trabajar con arquitectos y con el sector inmobiliario para influir en las preferencias de los consumidores hacia unos edificios mejores.
- Las políticas deben ir encaminadas a minimizar los costes y las cargas administrativas en la medida de lo posible, por ejemplo, simplificando su aplicación.
- La relación entre el ciclo comercial y el ciclo político debería respetarse puesto que puede afectar al grado de inversión necesario para aplicar las medidas de eficiencia (las normas son independientes del ciclo comercial, mientras que los incentivos financieros no).
- Hay que reconocer las diferencias entre los Estados miembros siempre que sean relevantes (por ejemplo, necesidades de formación, existencias de edificios, etc.).
- procurar implicar a una amplia base de partes interesadas y atraer inversiones a largo plazo;
- instar a la participación del sector privado;
- incorporar un componente informativo que incluya las ventajas ambientales estimadas y una evaluación de la formación adecuada necesaria para su aplicación;
- tener un impacto que sea mensurable y esté bien anclado en un contexto económico y social más amplio;
- tener objetivos y metas claros que aborden una barrera o fuerza motriz específica del mercado;
- ser repetible en otros Estados miembros de la UE;
- incluir una evaluación de impacto ambiental global cuando proceda, por ejemplo, al cambiar calderas de petróleo/gas por calderas de biomasa.

El diseño de las políticas deberá orientarse a estimular la reducción más rentable, consiguiendo un gran impacto a un precio razonable. Cuando se apliquen medidas rentables de ahorro, también será preciso tomar otras medidas paralelamente, como incrementar la cuota de fuentes renovables en los edificios, apoyar otros objetivos políticos y estimular la innovación para reducir el coste de dichas medidas en el futuro.

Se identificaron una serie de posibles criterios para las buenas prácticas a la hora de definir políticas y medidas de eficiencia energética para el sector de los hogares, teniendo en cuenta los impactos ambientales, la dependencia energética y el impacto sobre la asequibilidad de la energía. Es importante observar que estos criterios pueden no aplicarse a todos los tipos de medidas y pueden depender de circunstancias nacionales. En general, la medida o política debería:

- haber tenido una evaluación previa creíble de su posible impacto en mercados para tecnologías limpias, y aspirar a tener un impacto suficiente sobre la eficiencia energética;
- tener una buena relación entre beneficios máximos<sup>(45)</sup> (red de posibles efectos de rebote) y sus costes de aplicación y de vigilancia;
- incluir disposiciones para permitir su evaluación efectiva, no solo al final de la vida útil de la política o del programa, sino también en puntos intermedios a lo largo de su vida;

En la bibliografía se ofrecen numerosos ejemplos de políticas en los hogares que incluyen elementos de buenas prácticas. Los ejemplos europeos de las mismas se caracterizan por su alto grado de impacto<sup>(46)</sup> en la base de datos MURE. Entre ellos se encuentran:

- El Fondo de Modernización Térmica de Polonia, en el que los inversores reciben una prima del 25% de cualquier préstamo utilizado para poner en marcha proyectos susceptibles de ser financiados. Para optar a dicha prima, los proyectos deberán reportar un ahorro energético mínimo y deberán cumplir ciertos criterios financieros. Se exige una auditoría energética para validar la evaluación técnica y económica. El efecto de esta política fue escaso hasta junio de 2002, pero después de esta fecha, se modificó la política para reducir los tipos de interés del crédito y su efecto se incrementó considerablemente. Esto demuestra una capacidad de respuesta a la preocupación por la eficacia de las políticas.

<sup>(44)</sup> Por ejemplo, las calderas de biomasa pueden aportar ventajas ambientales, si el suministro de biomasa es sostenible, e incrementar la seguridad del combustible. Sin embargo, por lo general, son menos eficientes e incrementarán el consumo de energía primaria.

<sup>(45)</sup> Los participantes consideraron que las ventajas evaluadas no debían limitarse a las ventajas monetarias, sino que deberían implicar otras como el medio ambiente, la seguridad energética

<sup>(46)</sup> El alto impacto en MURE tiene que ver con la magnitud de la reducción de carbon y no con la rentabilidad.

- El plan de acción «Cómo hacer más con menos» de los Países Bajos consiste en una amplia serie de medidas destinadas a lograr un ahorro energético considerable en el entorno construido. Aborda diversas barreras a través de la concienciación, el asesoramiento, la aplicación y el servicio «postventa». La evaluación *ex-ante* estima un ahorro de 50 PJ de energía primaria.
- El Compromiso para la Eficiencia Energética<sup>(47)</sup> en el Reino Unido es uno de los programas más amplios y ambiciosos que aspiran a abordar la eficiencia en los hogares de la UE. Obliga a los grandes proveedores a instalar medidas de eficiencia energética en los hogares. Los proveedores han de alcanzar un objetivo de ahorro energético basado en las puntuaciones individuales para la instalación de una amplia gama de medidas de eficiencia en diferentes tipos de hogares.

Los proveedores tienen flexibilidad en cuanto a qué medidas pueden instalar, y este enfoque los alienta a encontrar la forma más rentable de lograr el objetivo. Los proveedores también intentan interactuar con otras políticas del Gobierno británico, como las viviendas sociales, para lograr economías de escala. También deben destinar un porcentaje de su actividad a hogares más vulnerables<sup>(48)</sup>, vinculándose de este modo con otros objetivos políticos en materia de indigencia energética y asequibilidad de la energía. Las diversas fases del plan (que se prolongará de 2002 a 2020) están sujetas a una serie de evaluaciones *ex-ante* y *ex-post*, y las fases siguientes se adaptarán para mejorar el funcionamiento del plan. Por ejemplo, intentar promover unas medidas más innovadoras, como la microgeneración, en fases posteriores, puede agotar el potencial de mejora con las medidas existentes.

---

<sup>(47)</sup> <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/household/supplier/eec.htm>.

<sup>(48)</sup> El 40% de la reducción del carbono necesaria con arreglo a la actual fase del plan (que va de 2008 a 2011 y que se conoce como el Objetivo de Reducción de las Emisiones de Carbono) ha de lograrse gracias a este «grupo prioritario».

## 7 Tendencias de la UE en comparación con otros países

### Mensajes principales

Durante la 13ª Conferencia de las Partes del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, las partes coincidieron en que es necesario que exista un criterio compartido sobre cómo hacer frente al cambio climático en una perspectiva a largo plazo. Junto a una visión compartida, debería existir también una responsabilidad compartida para la acción, dadas las tendencias históricas y actuales a la hora de generar emisiones mundiales de GEI (especialmente de CO<sub>2</sub>). Estas tendencias varían de un país a otro. En la UE y en países como China y EE.UU., se reconoce cada vez más que la mejora de la eficiencia energética y la ampliación de las energías renovables resultan vitales no solo debido al contexto mundial actual de crecimiento de la demanda de energía y de los precios de la energía, sino también porque se trata de medidas importantes para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La experiencia en la UE27 demuestra que las políticas ambientales y energéticas pueden ser eficaces si se aplican rigurosamente a lo largo del tiempo, pero que es preciso ser más ambiciosos en el futuro próximo para garantizar las reducciones sustanciales del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> necesarias para evitar los efectos irreversibles del cambio climático.

1. Entre 1990 y 2005, la UE27 experimentó una tasa de crecimiento medio del PIB del 2,1%, al tiempo que redujo sus emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía un 3% aproximadamente. Durante el mismo período, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron un 20% en EE.UU. y se duplicaron en China. Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en Rusia disminuyeron un 30% debido a la reestructuración económica.
2. Entre 1990 y 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* en la UE disminuyeron un 6,7%, llegando a ser menos de la mitad que las de EE.UU. y casi un 25% inferiores a las emisiones *per cápita* de Rusia. Las emisiones *per cápita* en China se encuentran ahora un 52% por debajo del nivel de la UE, pero están aumentando rápidamente debido al ritmo de desarrollo económico y al aumento del uso del carbón para la producción de electricidad.
3. Entre 1990 y 2005, la intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de electricidad y calor de suministro público en la UE21 descendió un 18,2%, mientras que en muchas otras partes del mundo, incluida Rusia, sucede lo contrario. En China y EE.UU. se produjo un ligero descenso (0,8% y 2,5%, respectivamente), en parte debido

a los cambios en la producción renovable (menos hidroelectricidad debido a menos precipitaciones) que contrarresta las mejoras resultantes de la aplicación, en años recientes y en particular después de 2004, de políticas de eficiencia energética.

4. En la UE27, EE.UU. y China se están aplicando políticas de eficiencia energética y energías renovables, pero los objetivos globales de estas políticas pueden ser diferentes. Por ejemplo, en la UE27 y en EE.UU., la protección del medio ambiente es uno de los objetivos políticos clave, mientras que China necesita hallar un equilibrio entre el enorme aumento de su demanda de energía y las consiguientes consecuencias ambientales (por ejemplo mayor contaminación atmosférica). Reforzar la seguridad del suministro energético constituye un motor en todas las zonas.

Todos los países están realizando esfuerzos (y se espera que continúen) para impulsar las energías renovables. En 2030, según el escenario de referencia WEM (AIE), la electricidad producida en los Estados miembros de la UE27 a partir de las energías renovables podría representar el 18% del total mundial, seguida de China con el 17%, y EE.UU. con una cuota del 12%. Según el escenario alternativo WEM, la electricidad generada por China a partir de fuentes renovables podría representar hasta el 20% del total mundial, seguida de la UE27 con un 16% y EE.UU. con el 11%. La cuota de la UE27 y EE.UU. en el total mundial tiende a la baja porque en este escenario se supone que todos los países han de redoblar sus esfuerzos para incrementar la cuota de fuentes renovables en su combinación de tipos de energía.

Si miramos el escenario de referencia y el escenario alternativo WEM (sobre la posible evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales totales), es evidente que en la UE27, así como en otros países, como China y EE.UU., sigue siendo imprescindible tomar medidas para reducir la intensidad energética de la economía y desarrollar la energía renovable con más rapidez. Según el escenario de referencia WEM, en 2030, la cuota de China en las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el total mundial podría situarse en el 27%, superando a EE.UU. y a la UE27, que tendrían una cuota del 16% y del 10%, respectivamente. Incluso teniendo en cuenta unas políticas energéticas y climáticas más rigurosas, la cuota de China en las emisiones mundiales totales de CO<sub>2</sub> sigue siendo importante (26%), así como la de EE.UU. (18%), seguida por la UE27 (con un 10%). Según

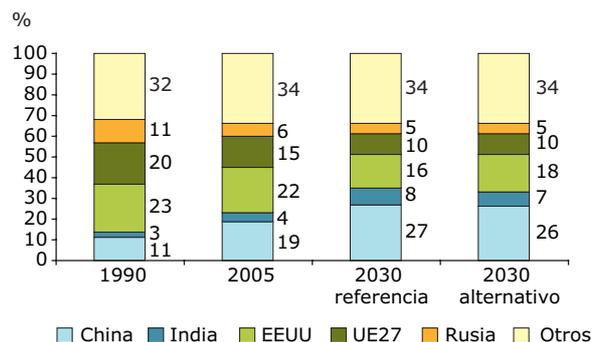
el escenario alternativo, se espera que todos los países reduzcan sus emisiones totales de CO<sub>2</sub>, lo que explica por qué la cuota de EE.UU. es más alta y la de la UE27 se mantiene a un nivel constante.

## 7.1 El contexto

Desde principios del decenio de los noventa, la UE ha hecho esfuerzos continuados para reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> cambiando la combinación de combustibles para obtener energía, mejorando la eficiencia de la transformación (véase la figura 1.8) y reduciendo la demanda de energía del consumidor final (véanse las figuras 6.3, 6.4 y 6.7). Tal como hemos señalado en los capítulos anteriores, a pesar de que estos primeros esfuerzos han logrado una reducción de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la UE27, aún queda mucho por hacer. Para abordar el cambio climático de forma eficaz se requiere un esfuerzo mundial sostenido. Si bien los Estados miembros de la UE27 siguen siendo un contribuyente importante a las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>, EE.UU., China y otros países, incluidos India y la Federación Rusa, desempeñan un papel fundamental para lograr la reducción de emisiones necesarias para evitar las consecuencias mundiales irreversibles del cambio climático. En 2005, la cuota de emisiones totales de CO<sub>2</sub> de EE.UU., China y la Federación de Rusia (en el total mundial) era de 22%, 19% y 6% respectivamente. Además, la evolución prevista de las emisiones de CO<sub>2</sub> para las próximas dos décadas muestra un incremento del impacto de China, que se espera que sea responsable de más del 25% de las emisiones mundiales totales de CO<sub>2</sub> en 2030, incluso en los escenarios más sostenibles (véase la figura 7.1), superando con diferencia a los Estados miembros de la UE27 y a EE.UU.

Durante la Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático celebrada en 2007 en Bali, la comunidad internacional empezó a centrarse en una visión compartida para hacer frente al reto del cambio climático después de 2012 y acordó una hoja de ruta para dirigir el proceso de negociación. Se espera que el proceso se complete a finales de 2009 durante la 15ª Conferencia de las Partes que se celebrará en Copenhague. Es probable que las negociaciones se centren en cuatro temas principales, de los cuales la mitigación, la reducción de las emisiones y la adaptación a los efectos del cambio climático serán posiblemente esenciales para cualquier eventual acuerdo. Además, debido a sus responsabilidades históricas, los países desarrollados aceptaron los resultados del 4º Informe de evaluación del IPCC y están considerando una reducción de sus emisiones de GEI de entre el 25 y el 40% para 2020 frente al nivel de 1990. También se espera que los países en desarrollo sigan estrategias de desarrollo con menos emisiones de carbono; sin embargo, no tendrán obligaciones de carácter cuantitativo, salvo en el caso de algunas

**Figura 7.1 Cuotas de emisiones totales de CO<sub>2</sub> (porcentaje del total mundial)**



**Nota:** Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> incluyen emisiones procedentes de la producción de electricidad, otro sector energético y el consumo final total. Quedan excluidas las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte aéreo, los residuos industriales y los residuos municipales no renovables. Los datos para la referencia de 2030 proceden del escenario de referencia de la AIE mientras que los datos alternativos de 2030 proceden del escenario alternativo de la AIE (para más datos, véase el Anexo 1)

**Fuente:** AIE, 2007a; AEMA.

economías de más rápido desarrollo que también podrían tener objetivos. Los países en desarrollo, en especial los menos desarrollados, recibirán una financiación especial de los Estados industrializados para poder adaptarse a los cambios del clima mundial. Por último, se apoyará la transferencia tecnológica para ayudar a estas naciones a reducir sus emisiones de GEI. Además, en la cumbre del G8 celebrada en Japón en julio de 2008, los jefes de Estado de los países industrializados más ricos y Rusia compartieron el objetivo de reducir al menos un 50% las emisiones de GEI para 2050, frente al nivel de 1990, y acordaron aplicar objetivos nacionales cuantitativos a medio plazo. Aunque es aún demasiado pronto para prever la forma de un posible acuerdo mundial sobre el clima después de 2012, algunos países del G8 parecen preferir un diseño basado en los enfoques sectoriales. Dicho enfoque puede ayudar a que más países se unan al esfuerzo mundial a través de objetivos sectoriales específicos y puede representar un primer paso para establecer objetivos nacionales partiendo de un nivel sectorial ascendente.

En cuanto a las emisiones globales de GEI, existen diferencias significativas entre los países, con distintas contribuciones al balance total de emisiones de GEI por parte de los diferentes sectores. Por ejemplo, en China en el año 2000, el 31% de las emisiones totales de GEI provenían de la producción de electricidad y calor, el 18% de la fabricación y la construcción y el 21,5% de la agricultura. El sector de la energía en su conjunto generó el 68,3% de las emisiones totales de GEI. En Brasil, el 61% de las emisiones totales de

GEI procedían de la deforestación (cambios de uso del suelo y silvicultura) y el 20% de la agricultura. El sector de la energía en su conjunto generó tan solo el 14,4%. En la India, el 34,9% de las emisiones totales de GEI provenían de la agricultura, el 30,5% de la producción de electricidad y calor, y el 12,6% de la fabricación. El sector de la energía generó el 58,3% de las emisiones totales de GEI. En la UE25, EE.UU. y la Federación de Rusia, la mayor parte de las emisiones de GEI procedían del sector de la energía: 78,3%, 91,1% y 81,54% respectivamente<sup>(49)</sup>.

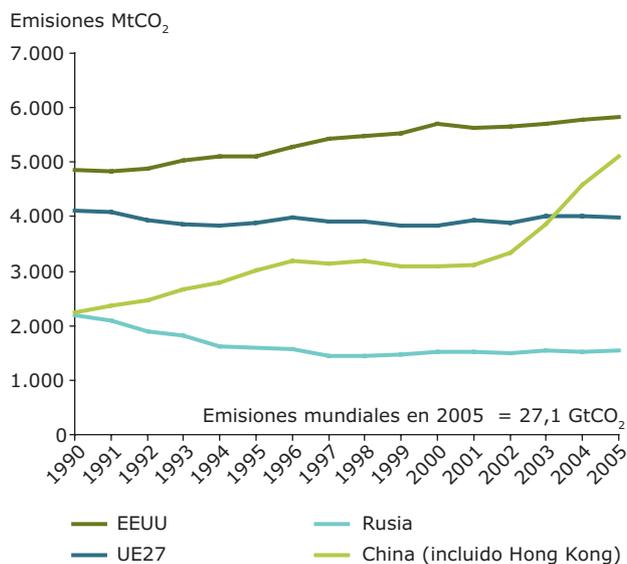
En el apartado 7.2 se ofrece un breve análisis de los logros de la UE27 a la hora de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con otros países del mundo, teniendo en cuenta el marco general del informe. Los países se seleccionaron sobre la base de su contribución actual y prevista a las emisiones mundiales de GEI y considerando el alcance relativamente limitado de este informe. Aunque son relevantes para el debate sobre el clima, los temas e indicadores desarrollados en este informe no son suficientemente claros (debido a la falta de datos) ni relevantes para abordar de forma adecuada la contribución comparativa al cambio climático mundial de países como Brasil e India. Por ejemplo, Brasil posee una cuota de emisiones procedentes de la deforestación mucho mayor que la mayoría de otros países. Por este motivo, estos países se han excluido del análisis presentado en este capítulo.

## 7.2 Tendencias

El nivel absoluto de emisiones de CO<sub>2</sub> de la UE27 relacionadas con la energía descendió ligeramente entre 1990 y 2005. En cambio, las emisiones en EE.UU. aumentaron casi un 20% en el mismo período y las de China han aumentado hasta más del doble (figura 7.2). Este desarrollo se vio impulsado por una rápida industrialización en China y el correspondiente aumento de la demanda de energía. En particular, se ha registrado un rápido incremento del consumo de electricidad, principalmente por las centrales de carbón nuevas. Las emisiones en Rusia descendieron casi un 35% en la primera mitad del decenio de los noventa, a raíz de una importante reestructuración económica; sin embargo, desde entonces, han aumentado lentamente siguiendo el renovado crecimiento económico.

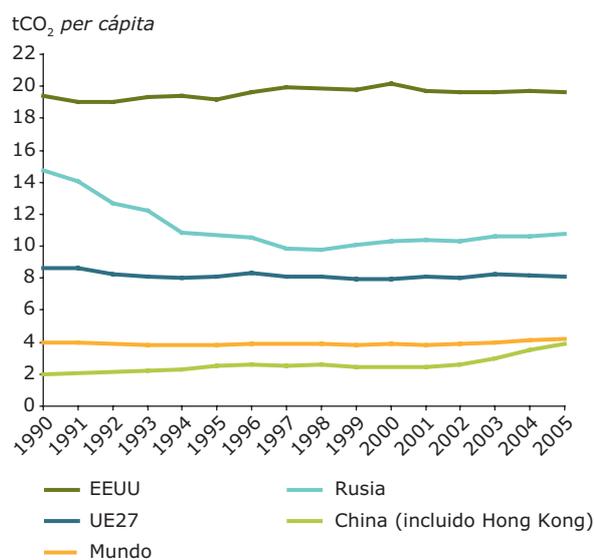
Los cambios relativos en las emisiones de CO<sub>2</sub> se ven limitados por los cambios relativos en el contenido de carbono de la energía, el contenido energético del PIB, la evolución del PIB *per cápita* y los cambios demográficos. A muy largo plazo, es probable que la convergencia *per cápita* forme parte de un reparto más justo de la responsabilidad entre los países con respecto a las reducciones previstas de sus emisiones

**Figura 7.2 Emisiones totales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía en la UE, EE.UU., Rusia y China**



Fuente: AEMA; AIE; Eurostat.

**Figura 7.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía *per cápita* en la UE, EE.UU., Rusia, China y el mundo**



Fuente: AEMA; AIE; Eurostat.

<sup>(49)</sup> Los datos para Rusia proceden de 2005.

de CO<sub>2</sub>. Hasta entonces, es necesario un período de transición durante el cual los países desarrollados sigan reduciendo sus emisiones y la convergencia, porque los actuales niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* (véase la figura 7.3) son el resultado de un amplio abanico de circunstancias específicas de cada país. Durante este período, otros factores, como las condiciones económicas, el potencial tecnológico y los costes relativos a la reducción resultan relevantes para futuras evaluaciones de fijación de objetivos a medio plazo.

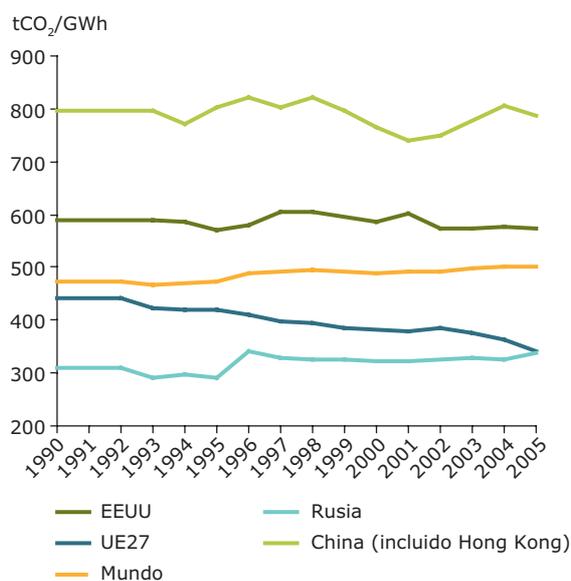
En la UE, las emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* descendieron un 6,7% durante el período de 1990 a 2005. La reducción principal tuvo lugar a principios de los noventa y, desde entonces, las emisiones se han estabilizado en torno a las 8 t de CO<sub>2</sub>. Las emisiones *per cápita* en la UE27 son menos de la mitad que las de EE.UU. y son un 25% inferiores a las de Rusia. El nivel de emisiones *per cápita* en EE.UU. y Rusia es más alto debido a unos niveles de eficiencia más bajos, sobre todo en el sector del transporte en EE.UU., así como a unos sistemas de producción de electricidad y calor que emiten más carbono (véase la figura 7.4). Las emisiones *per cápita* de China siguen en torno a la mitad de las de la UE, pero en los últimos años han aumentado rápidamente, impulsadas por una creciente demanda de energía.

En el ámbito mundial, la intensidad de las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la producción de electricidad y calor aumentaron entre 1990 y 2005 debido a una ampliación de la producción eléctrica por medio de carbón, sobre todo en los países en desarrollo. La intensidad de las emisiones de la producción energética

descendió ligeramente en los últimos años en China (incluido Hong Kong) y EE.UU., pero aumentó en Rusia. Sin embargo, la cuota de las fuentes renovables en la producción de electricidad impulsó las fluctuaciones observadas en China y EE.UU., en particular en las centrales hidroeléctricas. En comparación, la intensidad de las emisiones en la UE descendió de forma constante durante el período, impulsada por una combinación de tres factores: la sustitución del carbón y el petróleo por gas natural, una mayor cuota de fuentes renovables y las mejoras en la eficiencia de la producción.

En todos los países se están realizando esfuerzos para impulsar las energías renovables, y se espera que esta tendencia continúe (véase la figura 7.5). Como se ha señalado en los capítulos anteriores, las energías renovables en Europa podrían ayudar a conseguir simultáneamente objetivos múltiples como, por ejemplo, lograr ventajas para el medio ambiente (incluida la contaminación local), mejorar la seguridad del suministro y contribuir a un desarrollo sostenible. El escenario alternativo de la AIE parte de la hipótesis de que la cuota de fuentes renovables en el consumo de energía primaria aumentará a escala mundial. Se prevé que el aumento en la producción total en 2030 sea mayor que el aumento en la UE27, Rusia y EE.UU., por lo que su cuota de electricidad renovable disminuirá. A escala nacional, se espera que la tendencia positiva de incrementar la cuota de SER prosiga en todos los países que se han abordado. Sin embargo, la contribución de China podría ser significativa en las siguientes décadas debido al amplio potencial de SER en este país.

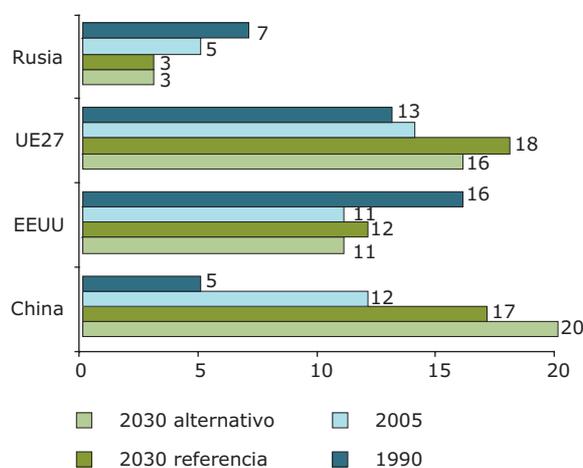
**Figura 7.4 Intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de electricidad y calor**



**Notas:** La intensidad de las emisiones es el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, por GWh de electricidad y calor producidos.

**Fuente:** AEMA; AIE;

**Figura 7.5 Producción de electricidad renovable en países y regiones seleccionados (porcentaje de la producción total mundial de electricidad renovable)**



**Nota:** Entre las fuentes renovables consideradas cabe mencionar la hidroeléctrica (pequeña y grande), biomasa, y residuos, eólica, geotérmica, solar, maremotriz y undimotriz.

**Fuente:** AIE, 2007a.

### 7.3 Eficiencia energética y políticas energéticas renovables en EE.UU. y China

China y EE.UU. son los dos países clave en el debate climático debido a que en la actualidad poseen una importante cuota en las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> (figura 7.1). Además, es probable que su impacto en las emisiones globales siga siendo significativo en las próximas décadas. Si bien la agenda política de estos países ha de seguir dando prioridad al aumento de la eficiencia energética y al incremento de la cuota de energía renovable, es importante reconocer los progresos que han realizado en los últimos años.

China notificó importantes avances en la promoción de la eficiencia energética y las energías renovables, pero experimenta tremendas dificultades para satisfacer la demanda de energía de una población enorme con un creciente poder adquisitivo, en una época de crecimiento económico impresionante. En 1978, la capacidad total instalada en China era de tan solo unos 57 GW. En 2004, la capacidad instalada de generación de electricidad aumentó más de siete veces. En 2002, unas 12 regiones chinas sufrieron una escasez sistemática de electricidad y el número se duplicó un año más tarde, reflejando el hecho de que la producción de electricidad en China apenas puede mantener el ritmo del desarrollo económico. De estos 1.300 millones de personas, 750 millones viven en zonas rurales y cerca de 24 millones viven en la pobreza. Al mismo tiempo, en su primer Programa Nacional sobre el Cambio Climático publicado en junio de 2007, China reconoció que, en el futuro, el cambio climático tendría un impacto significativo en sus ecosistemas naturales y en su sistema socioeconómico. Según el programa, 1 de cada 5 personas en China se verá afectada por los impactos del cambio climático mundial. Para abordar estas cuestiones, el Gobierno chino empezó a aplicar una serie de medidas destinadas a mejorar la eficiencia energética y promover las energías renovables. Estas medidas incluyen una nueva ley para promover las energías renovables introducida en 2006 (15% SER en 2020), medidas para incrementar la eficiencia de nuevas centrales eléctricas (unidades más grandes y más eficientes, tecnologías punta), el incremento de la eficiencia de las centrales existentes, planes relacionados con el cierre anticipado de las

centrales eléctricas poco eficientes, basadas en el carbón (unidades de menos de 50–100 MW). Según las autoridades chinas, entre 1991 y 2005 se ahorraron cerca de 800 millones de toneladas equivalentes de carbón de energía a través de métodos de conservación de la energía y se evitaron cerca de 2.940 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. China tiene el objetivo de reducir la intensidad energética de su PIB un 20% para 2010 y de reducir un 10% sus emisiones de GEI para el mismo año. Este país puso en marcha campañas de sensibilización dirigidas a los hogares, como una ambiciosa campaña de conservación de la energía cuyo objetivo consiste en limitar las temperaturas en el interior de las casas a niveles óptimos (18 °C en invierno y 26 °C en verano).

EE.UU. fue autosuficiente en materia de energía hasta finales del decenio de los cincuenta cuando el consumo de energía empezó a superar la producción doméstica. En 2006, la energía neta importada representó el 30% de toda la energía consumida. En 2006, la energía consumida *per cápita* en EE.UU. era un 55% más alta que los niveles de 1949, pero la intensidad energética de su PIB disminuyó en más de un 50% a lo largo del mismo período<sup>(50)</sup>. EE.UU. empezó a aplicar programas ambiciosos a escala federal para abordar la cuestión de la dependencia energética mediante una reducción de su consumo energético y un fomento de las energías renovables. En el capítulo 6 ya hemos descrito algunas de estas políticas. Además de ellas, se han introducido o están a punto de introducirse diversas normas energéticas aplicables a los productos, como lámparas reflectoras incandescentes (2008), aparatos pequeños de aire acondicionado comerciales (2008), suministros eléctricos externos (2008), lámparas de haluro metálico (2009), cámaras frigoríficas y congeladoras (2009), y aparatos de aire acondicionado y bombas de calor verticales individuales (2010). Además, se ha previsto una revisión de las normas energéticas para diversos electrodomésticos entre ahora y 2012. Por último, el Decreto ley 13.423 (Fortalecimiento de la gestión federal en materia de medio ambiente, energía y transportes) de enero de 2007 incluye algunas medidas relevantes que deberán aplicar las agencias gubernamentales con el objetivo de reducir el consumo energético un 3% anual o un 30% para finales de 2015 (referencia: 2003), a fin de promover las energías renovables, y el objetivo de reducir el consumo de agua un 2% anual o un 16% para finales de 2015 (referencia: 2007).

<sup>(50)</sup> A. Hoffman, presentación ofrecida durante la reunión sobre eficiencia energética celebrada en la AEMA durante los días 27 y 28 de marzo de 2008

# Bibliografía

AEA, 2008. *Evaluation of national plans submitted in 2006 under the National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC*. Informe técnico para la Comisión Europea a cargo de AEA *Energy and Environment*.

AEMA CTE-ACC, 2008. Agencia Europea de Medio Ambiente, Centro Temático Europeo de calidad del aire y cambio climático. <http://air-climate.eionet.europa.eu/>.

AEMA, 2006. *Contaminación atmosférica a nivel de calle en ciudades europeas*. Informe Técnico de la AEMA. Edición española Ministerio de Medio Ambiente, año 2008.

AEMA, 2007a. *Tendencias y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa 2007*. Informe de la AEMA, año 2008. Agencia Europea de Medio Ambiente.

AEMA, 2007b. *El Medio Ambiente en Europa: Cuarta evaluación*. Informe sobre el estado del medio ambiente 2007, AEMA. Edición española Ministerio de Medio Ambiente, año 2009.

AEMA, 2008a. *Clima para un cambio en el transporte TERM 2007: indicadores relacionados con el transporte y el medio ambiente en la Unión Europea*. Informe de la AEMA, 2008. Agencia Europea de Medio Ambiente.

AEMA, 2008b. *Air pollution from electricity-generating large combustion plants: An assessment of the theoretical emission reduction of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> through implementation of BAT as set in the BREFs*. Informe Técnico de la AEMA n.º 4/2008. Agencia Europea de Medio Ambiente.

AEMA, 2008c. *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. Informe de la AEMA Nº 4/2008. Agencia Europea de Medio Ambiente.

AEMA, 2008d. *Maximising the environmental benefits of Europe's bioenergy potential*. Informe Técnico de la AEMA n.º 10/2008. Agencia Europea de Medio Ambiente.

AEN, 2007. Datos sobre la Energía Nuclear : Edición de 2007 = Données sur l'énergie nucléaire, Agencia para la Energía Nuclear, París: OCDE. Planes de Acción nacionales para la eficiencia energética, 2008, presentados con arreglo a la Directiva 2006/32/CE. [http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end\\_use\\_en.htm#efficiency](http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end_use_en.htm#efficiency).

AIE GHGR&D, 2008. *Geological Storage of CO<sub>2</sub>*. Programa de AIE sobre I+D de gas invernadero, [www.ieagreen.org.uk/4.pdf](http://www.ieagreen.org.uk/4.pdf).

AIE, 2000. *Energy Policies of IEA countries – Luxembourg Review*, [www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/lux2000.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/lux2000.pdf).

AIE, 2005. *The experience with energy efficiency policies and programmes in LEA countries – Learning from the critics*. Agencia Internacional de la Energía.

AIE, 2007a. *World Energy Outlook 2007 Edition*. Agencia Internacional de la Energía. [www.worldenergyoutlook.org/2007.asp](http://www.worldenergyoutlook.org/2007.asp).

AIE, 2007b. *Energy Use in the New Millennium: Trends in IEA Countries*. [www.iea.org/Textbase/publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=1906](http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1906).

Base de datos Ameco, Base de datos macroeconómica anual de la Dirección General de Asuntos Económicos y Financieros de la Comisión Europea (DG ECFIN), [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/indicators/annual\\_macro\\_economic\\_database/ameco\\_en.htm](http://ec.europa.eu/economy_finance/indicators/annual_macro_economic_database/ameco_en.htm).

BERR, 2007. *Fuel Poverty Monitoring – Indicators 2007*. Ministerio de Comercio, Empresa y Reforma de la Reglamentación.

BERR, 2007. *The UK Fuel Poverty Strategy 5th Annual Progress Report 2007*. Ministerio británico de Comercio, Empresa y Reforma de la Reglamentación.

Bertoldi, P.; Bowie, R.; Hodson, P.; Lorentzen, J.; Malvik, H. V.; Toth, A.; Werring, L.; Aguirre, Jordi B., 2006. *EU Energy Law, Vol.111, Energy efficiency and renewable energy sources*, Clays&Casteels, Bélgica.

Blok, K.; Phylipsen, G. J. M. y Bode, J.W., 1997. The Triptique approach. Burden differentiation of CO<sub>2</sub> emission reduction among European Union Member States. Documento de debate. Universidad de Utrecht, Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Documento presentado en el taller informal para el Grupo Ad Hoc de la Unión Europea sobre Clima 16-17 de enero de 1997, Zeist.

Bresser, A. H. M.; Berk, M. M.; Born, GJ van den; Bree, L. van; Gaalen, F. W. van; Ligtoet, W.; Minnen, J. G. van; Witmer, M. C. H.; Amelung, B.; Huynen, M. M. T. E.; Bolwidt, L.; Brinke, W. ten; Buiteveld, H.; Dillingh, D.; Dorland, R. van; Leemans, R.; Strien, A. van; Vermaat, J.; Veraart, J., 2006. *The effects of climate change in the Netherlands*. Informe de la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. Bresser, A. H. M.; Berk,

M. M. (eds.). [www.mnp.nl/en/publications/2006/TheeffectsofclimatechangeintheNetherlands.html](http://www.mnp.nl/en/publications/2006/TheeffectsofclimatechangeintheNetherlands.html)

CAFE, 2005 – Programa "Aire puro para Europa".

CATF, 2001. *Cradle to Grave: The Environmental Impacts from Coal, Clean Air Task Force*. [www.catf.us/publications/reports/Cradle\\_to\\_Grave.pdf](http://www.catf.us/publications/reports/Cradle_to_Grave.pdf).

CE, 1996. Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, Parlamento Europeo y Consejo, septiembre de 1996.

CE, 1997a. Una estrategia comunitaria para promocionar la producción combinada de electricidad y calor (CEC) y para eliminar los obstáculos a su desarrollo, COM(97)514 final, Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, 1997.

CE, 1998. Consolidar la integración ambiental en la política energética comunitaria, COM(1998) 571 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, 1998.

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

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

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

CE, 2001d. Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: Estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible». COM(2001)264 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Comisión Europea, 2001.

CE, 2002a. Seguridad nuclear en la Unión Europea, COM(2002)605 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Comisión Europea.

CE, 2002b. Decisión n.º 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 Comunitario en Materia de Medio Ambiente, Parlamento Europeo y Consejo, 2002.

CE, 2002c. Directiva 2002/91/CE del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios, Parlamento Europeo y Consejo, 16 de diciembre de 2002.

CE, 2003a. Directiva 2003/87/CE por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo, Parlamento Europeo y Consejo. Octubre de 2003.

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

CE, 2003c. Directiva del Consejo 2003/96/CE de 27 de octubre de 2003 por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y la electricidad.

CE, 2004a. Propuesta modificada de Directiva (Euratom) del Consejo relativa a la seguridad de la gestión del combustible nuclear gastado y los residuos radiactivos. COM(2004) 526 final.

CE, 2004b. Directiva 2004/8/CE relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE. Parlamento Europeo y Consejo, febrero de 2004.

CE, 2005a. Estrategia temática sobre contaminación atmosférica COM(2005)446 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Comisión Europea, 2005.

CE, 2005b. Directiva sobre calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa, SEC(2005)1133, Comisión Europea.

CE, 2005c. Tercer paquete de medidas legislativas sobre seguridad marítima en la Unión Europea, COM(2005)585 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Comisión Europea, 2005.

CE, 2005d. Directiva 2005/32/CE por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE del Consejo y las Directivas 96/57/CE y 2000/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

CE, 2006a. Programa Europeo sobre Cambio Climático, Comisión Europea, 2006 <http://ec.europa.eu/comm/environment/climat/eccp.htm>.

CE, 2006b. Comunicación de la Comisión, Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética, Bruselas, 10 de enero, COM(2006)847 final.

CE, 2006c. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 417/2002 relativo a la introducción acelerada de normas en materia de doble casco o de diseño equivalente para petroleros de casco único, y por el que se deroga el Reglamento (CE) N° 2978/94 del Consejo, COM(2006)111 final, Comisión Europea, 2006.

CE, 2006d. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Programa de trabajo de la energía renovable. Las energías renovables en el siglo XXI: Construcción de un futuro más sostenible, COM(2006)848 final.

CE, 2006e. Comunicación de la Comisión, Plan de acción para la eficiencia energética: Realizar el potencial, COM(2006)545 final.

CE, 2006f. Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, y por la que se deroga la Directiva 93/76/CEE del Consejo. Parlamento Europeo y Consejo, abril de 2006.

CE, 2007a. Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europeo Una política energética para Europa, COM (2007) 1 final.

CE, 2007b. Reglamento (CE) N° 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2007 sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos.

CE, 2007c Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y al acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos (SEC(2007)1718) (SEC(2007)1720).

CE, 2007d. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (SET-Plan). «Hacia un futuro con baja emisión de carbono», COM(2007) 723 final.

CE, 2007e. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Limitar el calentamiento mundial a 2 °C Medidas necesarias hasta 2020 y después, COM(2007)2 final.

CE, 2007f. Libro Verde sobre la utilización de instrumentos de mercado en la política de medio

ambiente y otras políticas relacionadas, Comisión Europea, COM(2007)140 final.

CE, 2008a. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones — Dos veces 20 para el 2020 — El cambio climático, una oportunidad para Europa (COM(2008) 13 final) (COM(2008)16 final) (COM(2008)17 final) {COM(2008)18 final} (COM(2008)19 final}.

CE, 2008b. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo relativa a la primera evaluación de los planes nacionales de acción para la eficiencia energética exigidos por la Directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos Avanzar juntos en pro de la eficiencia energética, Bruselas, COM(2008)11 final.

CE, 2008c SEC(2008) 85/3 y SEC(2008) 85, Evaluación del impacto (y anexo de apoyo) Documento que acompaña al paquete de medidas de aplicación para los objetivos de la UE en materia de cambio climático y energías renovables para 2020, Comisión Europea.

CE, 2008d. Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE para perfeccionar y ampliar el Régimen Comunitario de Comercio de Derechos de Emisión de gases de efecto invernadero, COM(2008)16 final.

CE, 2008e. Propuesta de Directiva relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono, COM(2008)30 final, Comisión Europea.

CE, 2008f. Energía y transporte europeos — Tendencias hasta 2030 — actualización en 2007, informe elaborado por la Comisión Europea DG TREN.

CE, 2008g. La Comisión pide la rápida adopción de políticas energéticas y climáticas como la mejor respuesta coordinada al alza del precio del petróleo, IP/08/916, Bruselas, 11 de junio de 2008. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/916>.

CE, 2008h. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones relativa al Plan de Acción sobre Consumo y Producción Sostenibles y una Política Industrial Sostenible, COM (2008)397 final.

CE, 2008i. Documento de trabajo de los servicios de la Comisión - Documento de acompañamiento de la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono. [http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/pdf/ccs\\_ia\\_jan2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/pdf/ccs_ia_jan2008.pdf).

- CME, 2007. *2007 Survey of Energy Resources*. Consejo Mundial de la Energía 2007. [www.worldenergy.org/documents/ser2007\\_final\\_online\\_version\\_1.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf).
- CRS, 2008. *The European Union's Energy Security Challenges*. Informe del Servicio de Investigación del Congreso para el Congreso <http://fas.org/sgp/crs/row/RL33636.pdf>.
- de Leeuw, 2002. A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. *Environmental Science & Policy*, 5, 135-145.
- Ecofys, 2006. *U-Values for better energy performance of buildings*. Informe de Ecofys para Eurima.
- Ecofys, 2007a. *International Comparison of Fossil Fuel Efficiency*. Informe de Ecofys para el Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), Japón.
- Ecofys, 2007b. *Factors underpinning future action 2007 update*. Informe del Ministerio británico de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales. <http://unfccc.int/resource/docs/2007/smsn/ngo/026c.pdf>.
- EnCana, 2008. *CO<sub>2</sub> Storage and Enhanced Oil Recovery: The Weyburn Story*. EnCana, [www.wilsoncenter.org/events/docs/Energy9\\_Demchuk.pdf](http://www.wilsoncenter.org/events/docs/Energy9_Demchuk.pdf).
- EPRI, 2002. *Water Consumption for Power Production — The Next Half Century*. Water & Sustainability (Volumen 3, EE.UU., EPRI, Palo Alto, CA: 2002. 1006786).
- EREC, 2004. *Renewable Energy Policy review Latvia*. European Renewable Energy Council, [www.erec-renewables.org/documents/RES\\_in\\_EUandCC/Policy\\_reviews/Latvia\\_Policy\\_Review.pdf](http://www.erec-renewables.org/documents/RES_in_EUandCC/Policy_reviews/Latvia_Policy_Review.pdf).
- ETP, 2008. Letter on Commitment to CCS, European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants (ZEP), [www.zero-emissionplatform.eu/website/docs/ETP%20ZEP/CEO-meeting%20letter%20f%20commitment%20industry.pdf](http://www.zero-emissionplatform.eu/website/docs/ETP%20ZEP/CEO-meeting%20letter%20f%20commitment%20industry.pdf).
- EurObserverER, 2007. *Observ'ER, Observatoire des énergies renouvelables*, [www.eurobserv-er.org/observer.asp](http://www.eurobserv-er.org/observer.asp).
- Eurostat, 2007. *Panorama of Energy. Energy statistics to support EU policies and solutions 2007*. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-76-06-604/EN/KS-76-06-604-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-76-06-604/EN/KS-76-06-604-EN.PDF).
- Eurostat, 2008. Eurostat Data Explorer [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1996,45323734&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/&product=E\\_U\\_MAIN\\_TREE&depth=1](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/&product=E_U_MAIN_TREE&depth=1).
- ExternE-Pol, 2005. *Externalities of Energy: Extension of accounting framework and policy applications*. Informe a la Comisión Europea DG Investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración, elaborado por ARMINES/Ecole des Mines de Paris.
- FOEN, 2008. Oficina Federal del Medio Ambiente, Suiza. [www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msgid=19469](http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msgid=19469).
- HMT, 2006. Stern Review on the economics of climate change, informe para el Ministerio de Hacienda, [www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm).
- Höhne, N.; den Elzen, M. G. J. y Weiss, M., 2006. Common but differentiated convergence (CDC), a new conceptual approach to long-term climate policy. *Climate Policy*, 6, 181-199.
- Holopainen, 2007. Realising energy savings potential in European buildings, background material for the workshop on "Economics of energy savings potential in Europe". Riika Holopainen, Congreso Clima 2007, junio de 2007, Helsinki.
- IIASA, 2007a. *Updated baseline projections for the revision of the National Emission Ceilings Directive, NEC Scenario Analysis Report Nr. 4*. Informe para la Comisión Europea del International Institute for Applied Systems Analysis
- IIASA, 2007b. *Analysis of Policy Measures to Reduce Ship Emissions in the Context of the Revision of the National Emissions Ceilings Directive*. Informe Final para la Comisión Europea del International Institute for Applied Systems Analysis
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report Summary for Policymakers, Grupo intergubernamental sobre el cambio climático. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf).
- IPTS, 2006. *Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond — Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 models, 2007*. Informe elaborado por el CCI (Centro Común de Investigación), Comisión Europea.
- ITOPF, 2008. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd. [www.itopf.com/](http://www.itopf.com/)
- Johansson, B., 2001. *Biomass and Swedish Energy Policy*. Estudios de medio ambiente y sistemas de energía, Universidad de Lund, para la Administración de Energía Nacional de Suecia y Vattenfall AB [http://www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer\\_internt/pdf-filer/biopolicy.pdf](http://www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/biopolicy.pdf).

- OCDE, 2001. *Environmentally Related Taxes in OECD Countries: Issues and Strategies*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- OCDE, 2007. *Compendio de datos ambientales de la OECD*, parte 1, capítulo 8, Abril de 2007. [www.oecd.org/dataoecd/60/46/38106824.xls](http://www.oecd.org/dataoecd/60/46/38106824.xls).
- OCDE/OIEA, 2008. *Uranium 2007: Resources, Production and Demand*. Un informe conjunto elaborado por la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE y el Organismo Internacional de la Energía Atómica.
- Odyssee, 2008. Indicadores de eficiencia energética de Odyssee en el Proyecto Europa: Programa de la Comisión Europea Energía inteligente para Europa, Ademe, Enerdata y organizaciones colaboradoras en los Estados miembros. [www.odyssee-indicators.org/](http://www.odyssee-indicators.org/).
- Oeko, 2006. *Comparison of Greenhouse Gas emissions and abatement cost of nuclear and alternative energy options from a life cycle perspective-updated version*. Oeko Institute.
- OIEA, 2003a *IAEA country nuclear power profiles, 2003 version*. OIEA, París, 2003, [www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP\\_Webpage/PDF/2003/](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2003/CNPP_Webpage/PDF/2003/).
- OIEA, 2003b. *IAEA Overview of global spent fuel storage*. Fukuda, K.; Danker, W; Lee, J. S.; Bonne, A.; Crijns, M. J., Viena : OIEA, Departamento de Energía Nuclear, 2003.
- OSPAR, 2000. *Quality Status Report 2000*. Comisión OSPAR, Londres. 108 + vii pp.
- OSPAR, 2006. *Annual Report on Discharges, Waste Handling and Air Emissions from Offshore Oil and Gas Installations*. Comisión OSPAR, [www.ospar.org/](http://www.ospar.org/).
- RECaBS, 2007. *Renewable Energy Costs and Benefits for Society*. [www.recabs.org/](http://www.recabs.org/).
- Renew, 2008. Various Life Cycle Assessment reports produced under the Renew project on sustainable energy systems for transport. [www.renew-fuel.com/fs\\_documents.php](http://www.renew-fuel.com/fs_documents.php).
- Statoil, 2007. *CO<sub>2</sub> Capture and Storage — Response to Climate Change — 10 Years of CO<sub>2</sub> Storage*, presentación de T. Torp, Statoil Research Centre. [http://nts1.cgu.cz/CO2net-east/download/workshop-zagreb/Tore%20Torp\\_%20CO2%20Capture%20and%20Storage\\_Response%20to%20Climate%20C.pdf](http://nts1.cgu.cz/CO2net-east/download/workshop-zagreb/Tore%20Torp_%20CO2%20Capture%20and%20Storage_Response%20to%20Climate%20C.pdf).
- TNO-CATO, 2008. *CO<sub>2</sub> Capture, Transport and Storage in The Netherlands*. <http://www.CO2-cato.nl/>.
- Vattenfall, 2008. Bridging to the Future Boletín informativo sobre el proyecto de Vattenfall sobre captura y almacenamiento del carbono nº 10 Abril 2008. [www.vattenfall.com/www/CO2\\_en/CO2\\_en/Gemeinsame\\_Inhalte/DOCUMENT/388963CO2x/401837CO2x/P0273857.pdf](http://www.vattenfall.com/www/CO2_en/CO2_en/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/388963CO2x/401837CO2x/P0273857.pdf).
- Vinois, J. A., 2008. *Security of gas supply*. Presentación durante el Basrec — Seminario sobre el gas báltico, Berlín, mayo de 2008.
- Watkiss, P.; Downing, T; Handley, C; Butterfield, R., 2005. *The Impacts and Costs of Climate Change*. Informe Final a la DG Medio Ambiente. Septiembre de 2005. <http://europa.eu.int/comm/environment/climat/studies.htm>.
- Werring, Luc, 2008. "Targets and markets are not enough" en *European Energy Review*, Volumen 1, nº 5, julio-agosto de 2008.
- WNA, 2003. *The long term sustainability of Nuclear Energy: submission on EC green paper on Security of Energy Supply*. World Nuclear Association, Londres: World Nuclear Association, 2003.

# Anexo 1 Antecedentes de los escenarios

En este apartado se ofrece un breve resumen de los modelos y escenarios utilizados en el informe. Por lo general son muy detallados y contienen un gran número de hipótesis subyacentes. Aunque dada su extensión no es posible reproducirlos aquí, a continuación se ofrecen referencias clave para esta información.

## PRIMES 2007 escenario de referencia

El modelo PRIMES simula el sistema y los mercados energéticos europeos en cada país y ofrece resultados detallados sobre balances energéticos, emisiones de CO<sub>2</sub>, inversión, penetración de la tecnología energética, y precios y costes a intervalos de 5 años y a lo largo de un período de tiempo comprendido entre 2000 y 2030.

La versión actual del modelo PRIMES incluye una extensa representación de las tecnologías de producción de electricidad e incorpora información detallada sobre las futuras centrales eléctricas equipadas con captura y absorción geológica de carbono. El modelo establece un vínculo completo entre la oferta y la demanda de energía con formación endógena de precios en la UE. Esto permite evaluar las políticas en materia de CO<sub>2</sub> y de fuentes de energía renovables, asegurando la coherencia del desarrollo tecnológico dentro del equilibrio de mercado en el sistema energético, teniendo en cuenta los impactos de retroalimentación de los precios de la energía sobre la demanda de energía.

El escenario de referencia energética PRIMES 2007, desarrollado con los Estados miembros, refleja las tendencias y políticas actuales y su impacto sobre el sistema energético. Para más información sobre el modelo y las hipótesis subyacentes del escenario, véase:

- *European Energy and Transport — Trends to 2030 — update 2007*, informe elaborado por la Comisión Europea DG TREN; [http://ec.europa.eu/dgs/energy\\_transport/figures/trends\\_2030\\_update\\_2007/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030_update_2007/index_en.htm).

El modelo PRIMES también se utilizó para una parte del trabajo analítico sobre el cual se fundamentó el nuevo paquete energético de la UE – para más información véase:

- Evaluación de impacto y Documento (anexo) que acompaña el paquete de medidas de aplicación para los objetivos de la UE en materia de cambio climático y energías renovables para 2020, SEC(2008) 85/3; [http://ec.europa.eu/energy/climate\\_actions/doc/2008\\_res\\_ia\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_ia_en.pdf); [http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climate\\_package\\_ia\\_annex.pdf](http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climate_package_ia_annex.pdf).

## Escenario de referencia POLES 2006 y escenario de reducción de GEI

El modelo POLES (*Prospective Outlook for the Long term Energy System*) es un modelo de simulación sectorial mundial para el desarrollo de escenarios energéticos hasta 2050. La dinámica del modelo se basa en un proceso de simulación reiterativo (año tras año) de demanda y suministro energético con ajustes *a posteriori* de los precios y un bucle de retroalimentación a través de los precios energéticos internacionales.

El modelo se desarrolló en el marco de una estructura jerárquica de módulos interconectados a escala internacional, regional y nacional. Contiene módulos tecnológicamente detallados para los sectores que consumen más energía, incluida la producción de electricidad, la producción de hierro y acero, aluminio y cemento, así como los sectores de modos de transporte. En cada sector, se calcula el consumo de energía tanto para los combustibles sostenibles como para la electricidad. Cada ecuación de la demanda contiene una elasticidad variable de la renta o la actividad, una elasticidad de los precios, recoge las tendencias tecnológicas y, si procede, los efectos de saturación.

Todos los precios de la energía se determinan de forma endógena en POLES. Los precios del petróleo a largo plazo dependen sobre todo de la escasez relativa de las reservas de petróleo (es decir, la relación entre reserva y producción). A corto plazo, el precio del petróleo se ve afectado sobre todo por las capacidades de producción disponibles de los grandes productores de petróleo.

El escenario de referencia representa un desarrollo del sistema energético basado en las políticas y medidas existentes, mientras que el escenario de reducción de GEI busca una posible trayectoria de las emisiones mundiales hasta 2050, que pueda conducir al objetivo

de la UE de limitar el aumento de la temperatura mundial a 2°C.

Para más información sobre el modelo POLES y las hipótesis subyacentes del escenario, véase:

- *Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond – Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 models, 2006*. Informe elaborado por el CCI (Centro Común de Investigación), Comisión Europea; <http://www.jrc.es/publications/pub.cfm?id=1510>.

El trabajo en el modelo contribuyó tanto al nuevo paquete climático de la Comisión (véanse los enlaces anteriores) como al anterior:

- Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Limitar el calentamiento mundial a 2 °C - Medidas necesarias hasta 2020 y después, SEC(2007) 8; ia\_sec\_8.pdf.

### **Escenarios de referencia y de política alternativa WEO 2007 de la AIE**

El modelo energético mundial (*World Energy Model, WEM*) de la AIE es un modelo matemático diseñado para replicar la forma en que funcionan los mercados energéticos. Constituye la herramienta principal para generar escenarios detallados de cada sector y región para los escenarios de referencia y de política alternativa. El modelo se compone de cinco módulos principales: demanda de energía final; producción de

electricidad; refinería y otra transformación; suministro de combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>.

El escenario de referencia toma en consideración las políticas y medidas gubernamentales que se adoptaron o aprobaron a mediados de 2006, aunque muchas de ellas todavía no se hayan aplicado plenamente. No se tienen en cuenta las posibles acciones políticas futuras, potenciales o incluso probables.

El escenario de política alternativa analiza cómo podría evolucionar el mercado energético mundial si los países adoptaran todas las políticas que están actualmente considerando en materia de seguridad energética y emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. El objetivo es comprender hasta qué punto podrían ayudarnos estas políticas a abordar los retos y a qué coste. Dichas políticas incluyen iniciativas destinadas a mejorar la eficiencia en la producción y el uso de la energía, una mayor dependencia de los combustibles no fósiles y para mantener el suministro doméstico de petróleo y gas en los países importadores relacionados con la energía neta. Producen un ahorro sustancial en el consumo y las importaciones de energía con respecto al escenario de referencia. Mejoran la seguridad energética y ayudan a mitigar los efectos perjudiciales para el medio ambiente, consiguiendo las ventajas a un coste de inversión menor que el escenario de referencia.

Para más información sobre el modelo WEM y las hipótesis subyacentes del escenario, véase:

- *World Energy Outlook 2007*, Agencia Internacional de la Energía; <http://www.worldenergyoutlook.org/2007.asp>.

# Anexo 2 Cuestiones relacionadas con los datos sobre el consumo energético de los hogares

## Vigilancia de la eficiencia energética

Para evaluar el ahorro obtenido a partir de las mejoras en la eficiencia energética es posible aplicar dos enfoques:

- Un método de cálculo **descendente** que utiliza como punto de partida los niveles sectoriales de ahorro energético agrupados a escala nacional o a mayor escala.
- Un método de cálculo **ascendente** por medio del cual se calcula el ahorro energético obtenido a través de la aplicación de una determinada medida de aumento de la eficiencia energética que se añade al ahorro energético resultante de otras medidas específicas de aumento de la eficiencia.

Con estos dos enfoques se utilizan diversas técnicas específicas para la evaluación del ahorro energético. En general, para comprender con mayor exactitud el rendimiento real de las políticas individuales es preciso seguir unos enfoques de evaluación ascendentes detallados. En cambio, los enfoques descendentes tienden a examinar el efecto de grupos de políticas (en un determinado sector o grupo de usuarios finales) y es más recomendable utilizarlos para comparar la coherencia de los ahorros globales.

Dentro del marco de la DES, la Comisión Europea está preparando una serie de indicadores y metodologías de cálculo armonizados que los Estados miembros deberán incorporar gradualmente a sus informes para evaluar el ahorro energético de sus políticas. Este trabajo lo está realizando para la Comisión un consorcio de 21 organizaciones dentro del proyecto EMEES<sup>(51)</sup>. En primavera de 2008 se propondrán metodologías ascendentes y descendentes armonizadas y a principios de 2009 se emprenderán estudios de caso piloto. Estas metodologías incluirán las correspondientes al consumo energético de los hogares, sobre todo para calefacción y refrigeración y mejoras en la construcción.

Un componente clave del enfoque descendente conforme a la DES será el uso de indicadores de eficiencia energética en el análisis de políticas y comparaciones transnacionales, desarrollado con arreglo al proyecto Odyssey<sup>(52)</sup>. Se trata de un proyecto entre ADEME (Agencia francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía) y el programa EIE (Energía Inteligente Europa) de la Comisión Europea/ DG TREN, apoyado por representantes nacionales de cada uno de los Estados miembros de la UE27 más Noruega y Croacia. Se inició en 1993 y en la actualidad es el enfoque más amplio y armonizado a escala europea para la evaluación de las mejoras de la eficiencia. El proyecto se fundamenta en una extensa base de datos que contiene información detallada (consumo energético, datos de actividad, etc.) y que se actualiza dos veces al año por los diversos representantes nacionales.

En EE.UU. la evaluación se realiza principalmente de forma descendente, basándose los modelos en estudios ascendentes para comprender los patrones de consumo dentro de los edificios. Se están desarrollando tres escenarios diferentes: uno sin cambios o de referencia con las políticas y medidas existentes, otro con limitación del carbono y un tercero en el que se consideran unos precios más altos para el combustible<sup>(53)</sup>. Las ventajas se valoran sobre la base de la hipótesis de que se alcanzarán los objetivos del programa (probabilidad de éxito del 100%). Los datos para controlar la eficiencia energética en los edificios residenciales los facilita el **Residential Energy Consumption Survey (RECS)**. El RECS lo realiza la Administración de Información Energética (*Energy Information Administration, EIA*) cada tres años. Se trata de un muestreo nacional de más de 5.000 unidades residenciales y sus proveedores de energía. Entre los indicadores de unidades residenciales se encuentran los indicadores de demanda (número de hogares, número de miembros por familia, número de edificios, superficie útil) e indicadores de intensidad energética (millones de Btu (*British thermal unit*, 1 Btu= 1.055 julios) por edificio, por familia, por pie cuadrado y *per cápita*)<sup>(54)</sup>.

<sup>(51)</sup> Evaluación y supervisión de (la Directiva sobre) la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos (proyecto), <http://www.evaluate-energy-related-savings.eu/emeees/en/home/index.php>.

<sup>(52)</sup> <http://www.odyssey-indicators.org>.

<sup>(53)</sup> Aunque se ha abierto un debate acerca de qué se considera un precio «alto» en el caso del combustible debido a los recientes aumentos en los precios,

<sup>(54)</sup> Para más información, véase [http://www.eia.doe.gov/emeu/efficiency/ee\\_ch3.htm#Energy%20Consumption%20in%20the%20Residential%20Sector](http://www.eia.doe.gov/emeu/efficiency/ee_ch3.htm#Energy%20Consumption%20in%20the%20Residential%20Sector).

En el ámbito internacional, la AIE está formulando unos indicadores exhaustivos que ofrezcan datos y análisis sobre los desarrollos en el consumo y la eficiencia energética como parte de su respuesta a la Cumbre del G8 en Gleneagles. Su publicación «Energy Use in the New Millennium: Trends in IEA Countries» es un importante resultado de este trabajo (los datos europeos se derivan del proyecto Odyssee).

### *Datos para la evaluación descendente*

Las intensidades energéticas son la relación entre el consumo de energía y un indicador de actividad que suele medirse en unidades monetarias<sup>(55)</sup> (Producto Interior Bruto, valor añadido, etc.). Los economistas prefieren estas relaciones para evaluar la mejoría de la «eficiencia energética» en el ámbito de la economía en su conjunto o en el ámbito sectorial, ilustrando la reducción en energía utilizada para generar una unidad de actividad (por ejemplo producción económica). Sin embargo, en sentido estricto, estos indicadores no muestran mejoras directas en la eficiencia energética, puesto que los cambios estructurales en la economía también pueden provocar intensidades más bajas.

Los indicadores de eficiencia energética se utilizan para eliminar la presencia de estos factores estructurales u otros factores externos, por ejemplo, evaluando el ritmo de consumo energético bajo una estructura (hipotética) constante en el tiempo. Esto es especialmente importante cuando se intenta comparar el nivel real de eficiencia energética entre países. Existen diversos estudios que utilizan indicadores de la eficiencia energética en los hogares, por ejemplo el trabajo realizado por CCI sobre consumo de electricidad en ellos<sup>(56)</sup>.

En Odyssee, se calculan diversos indicadores, denominados indicadores de «consumo unitario», para mostrar los cambios en la eficiencia energética por sector a un nivel más detallado. Se expresan en diferentes unidades, según el subsector o uso final, a fin de ofrecer el mejor indicador sustitutivo de eficiencia energética, teniendo en cuenta los datos disponibles. En los hogares, los indicadores se expresan en:

- tep (toneladas equivalentes de petróleo) por vivienda o por m<sup>2</sup> para calefacción;
- tep por vivienda o *per cápita* para calentamiento de agua;
- kWh por vivienda o por aparato para electrodomésticos.

Los indicadores de consumo unitario son útiles para obtener un diagnóstico detallado por subsector o por uso

final y para evaluar el impacto de las medidas políticas individuales en el aumento de la eficiencia energética. Sin embargo, sobre todo en el ámbito político, se exige que se facilite una perspectiva global de tendencias de eficiencia energética. Con arreglo al proyecto Odyssee, se ha creado un índice de eficiencia energética (ODEX) para los consumidores de energía final, que se basa en una combinación de los indicadores más detallados de los subsectores. Primero se combinan los indicadores detallados de los subsectores para obtener índices de eficiencia sectorial (hogares, transporte, etc.) que, a su vez, se combinan para obtener el ODEX global. Así se obtiene un indicador sustitutivo más realista de la eficiencia energética al nivel agregado. El ODEX se calcula como una media ponderada del índice de consumo unitario de cada subsector o uso final, con un peso basado en el consumo relativo de cada subsector en el año de referencia.

### *Datos para la evaluación ascendente*

Los datos más apropiados para ofrecer una evaluación ascendente dependen del diseño de cada política y, en la mejor práctica, forma parte de ese proceso de diseño de políticas. Puede incluir el consumo en los hogares, estudios de conjunto, número de medidas especiales aplicadas o subvenciones invertidas. En los dos últimos casos, se puede derivar una estimación *ex-ante* de la relación entre una medida o subvención, pero se necesitará una vigilancia *ex-post* para comprobar dicha relación. Los datos de consumo son un indicador útil sobre si se produce un cambio en la tendencia tras aplicar una política, pero otros factores como los cambios en los niveles de confort o la actividad en un hogar también pueden afectar al consumo.

Si los datos necesarios para la evaluación se identifican en la fase del diseño de la política, será más sencillo facilitar la recopilación de datos *ex-post* y *ex-ante*. La evaluación ascendente de la política exige más recursos que la evaluación descendente, pero puede ofrecer información más específica sobre por qué una política tiene éxito o fracasa, y es valiosa para el desarrollo de políticas.

A continuación se analiza con más detalle el balance energético de una casa y se ofrecerá un ejemplo de una cuestión relacionada con los datos.

## **Balance energético de una casa**

La figura A.1 ilustra los componentes que integran el balance energético de una casa y se tienen en cuenta en las políticas como la DEEE.

(55) A excepción de la intensidad energética para los hogares de la ficha técnica EN21 de la AEMA, donde la unidad de actividad es la población (frente a una medida monetaria como gasto doméstico).

(56) <http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/>.

Para calcular el balance energético de una casa según la DEEE, deberían seguirse los siguientes pasos:

- 1) la energía se utiliza para satisfacer los requisitos de calefacción, alumbrado, refrigeración, preparación de alimentos, etc.;
- 2) algunos de estos usos finales se logran a través de una obtención de energía «natural» (solar pasiva, ventilación, luz solar) y de una ganancia interna (preparación de alimentos, electrodomésticos, etc.);
- 3) a continuación se determina el uso energético neto del edificio mediante la diferencia entre 1 y 2 y las características del propio edificio;
- 4) la energía «convencional» se suministra al edificio por diversos portadores de energía, incluido el uso directo de combustibles y electricidad;
- 5) en algunos casos, se pueden utilizar las fuentes renovables asociadas con el propio edificio para ofrecer energía para su uso en el edificio o para la exportación;
- 6) según 5);
- 7) consumo de energía primaria o CO<sub>2</sub> asociado al edificio;
- 8) energía primaria o emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la generación *in situ* que se utiliza *in situ* y se ha sumado a 7;
- 9) energía primaria o emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la energía exportada que se ha restado de 7.

### Ejemplo de una cuestión relacionada con los datos: días de calefacción/refrigeración

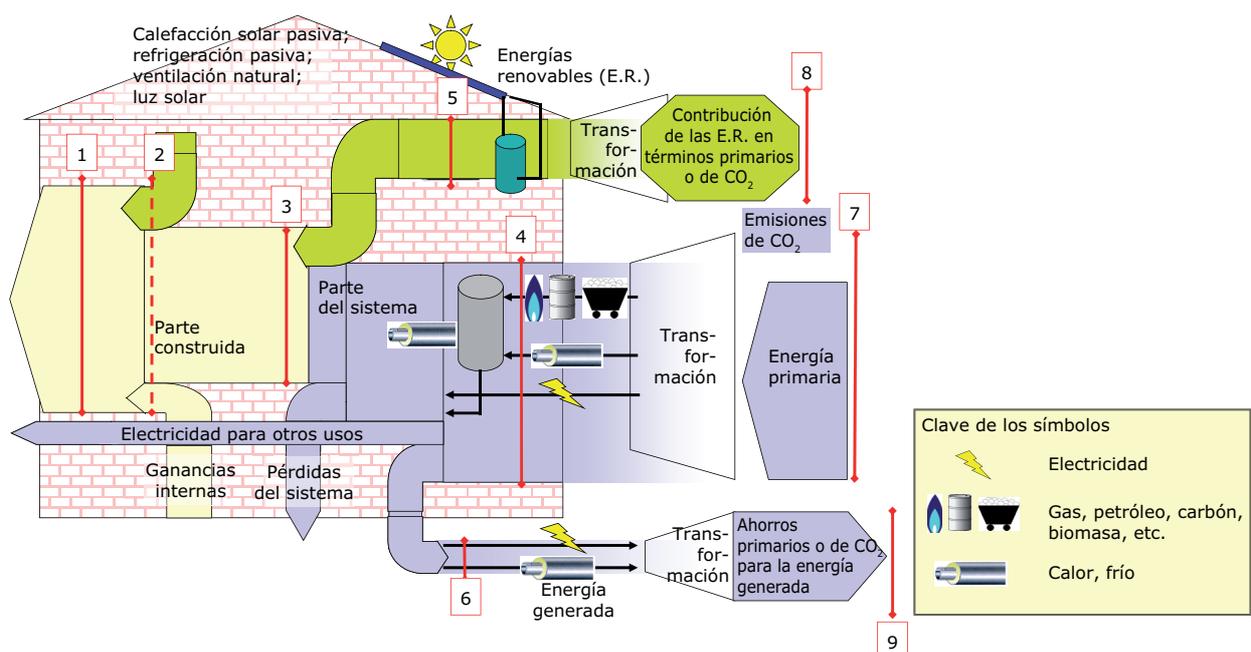
Un aspecto clave para el control de la eficiencia energética en los hogares es la consideración de las variaciones climáticas dentro de un país y entre diferentes países, puesto que afectan directamente a la cantidad de energía consumida.

Los días de calefacción expresan lo riguroso que ha sido el frío en un período de tiempo específico teniendo en cuenta la temperatura exterior y la temperatura ambiente. Para aumentar la temperatura ambiente en 1 °C se necesita un incremento en el consumo energético de cerca del 7%. De igual modo, los días cálidos, que pueden exigir el uso de energía para refrigeración, se miden en días de refrigeración.

Para calcular los días de calefacción, se obtienen datos meteorológicos y se utiliza una metodología de cálculo aplicada por EUROSTAT, que forma una base común y comparable. A continuación se ofrece como ejemplo un mapa de días de calefacción en 2005/2006.

Los días de calefacción pueden utilizarse de dos formas diferentes para adaptar el nivel de consumo energético para la calefacción:

Figura A.1 Balance energético de una casa



Fuente: Bertoldi et al., 2006.

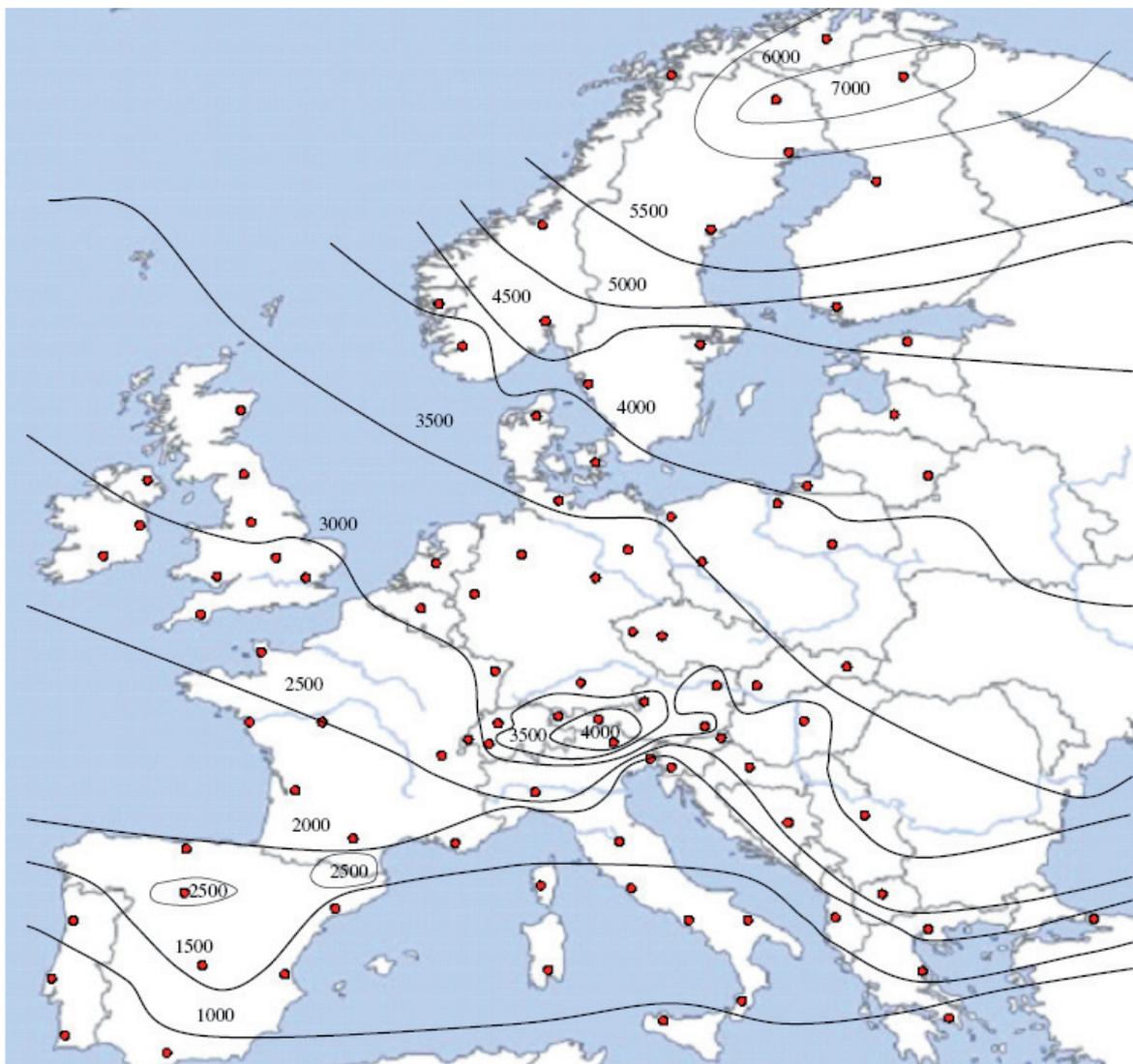
Días de calefacción =  $(18\text{ °C} - T_m)$  si  $T_m$  es inferior o igual a  $15\text{ °C}$  (umbral de calefacción)

Días de calefacción = 0 si  $T_m$  es superior a  $15\text{ °C}$

Siendo  $T_m$  la temperatura exterior media  $((T_{\min} + T_{\max})/2)$  a lo largo de un período de 1 día.

Los cálculos se realizan cada día, se suman para un mes del calendario, y después para un año.

**Figura A.2 Ejemplo de días de calefacción en Europa**



**Fuente:** Ecofys, 2006.

- los días de calefacción de un determinado año en un lugar específico pueden contrastarse con una media a largo plazo para responder a las variaciones de temperatura entre los años.
- Pueden utilizarse para graduar el consumo de energía en diferentes países sobre una base comparable (por ejemplo, un clima medio europeo como se muestra en las figuras 6.5 y 6.6) para tener en cuenta las variaciones en temperatura según el lugar (por ejemplo, países septentrionales frente a mediterráneos).

## Anexo 3 Lista de indicadores de energía y medio ambiente de AEMA

Las fichas técnicas de indicadores de AEMA sobre energía y medio ambiente se publican anualmente y sirven de base para el Informe sobre energía y medio ambiente:

- EN01 Emisiones de gases de efecto de invernadero relacionadas con la energía
- EN05 Emisiones de precursores del ozono relacionadas con la energía
- EN06 Emisiones de sustancias acidificantes relacionadas con la energía
- EN07 Emisiones de partículas relacionadas con la energía
- EN08 Intensidad de emisión de la producción de energía térmica convencional de suministro público
- EN09 Emisiones generadas por la producción de electricidad y calor de suministro público – indicadores explicativos
- EN13 Producción de residuos nucleares
- EN14 Vertidos accidentales de buques petroleros
- EN15 Vertidos de petróleo de refinerías e instalaciones marinas
- EN16 Consumo de energía final por sector
- EN17 Intensidad energética total
- EN18 Consumo de electricidad

- EN19 Eficiencia energética de la producción termoeléctrica convencional
- EN20 Cogeneración de electricidad y calor
- EN21 Intensidad del consumo de energía final
- EN26 Consumo total de energía por combustible
- EN27 Producción eléctrica por combustible
- EN29 Consumo de energías primarias renovables
- EN30 Electricidad renovable
- EN31 Precios de la energía
- EN32 Impuestos sobre la energía
- EN34 Subvenciones a la energía
- EN35 Costes externos de la producción eléctrica

### *Fichas técnicas de indicadores en fase de desarrollo:*

- ENXX Consumo de energía final renovable
- ENXX Eficiencia energética y reducción del CO<sub>2</sub>
- ENXX Seguridad del suministro energético y del medio ambiente

Para más información sobre los indicadores sobre energía y medio ambiente, consulte la página web: <http://www.eea.europa.eu/themes/energy/indicators>.

## Anexo 4 Descripción de las principales fuentes de datos

Las fuentes de datos principales que se han utilizado en este informe se refieren a datos sobre gases de efecto invernadero, contaminantes atmosféricos y balances energéticos. Además, también se han utilizado y citado otras fuentes en los apartados pertinentes del informe.

### Datos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero

La base jurídica de los inventarios de la UE de gases de efecto invernadero es:

- Decisión 280/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto.
- Decisión 2005/166/CE de la Comisión por la que se establecen disposiciones de aplicación de la Decisión 280/2004/CE. [http://ec.europa.eu/environment/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm).

Los principales objetivos del Sistema de Inventarios de la Comunidad son garantizar a) la exactitud, b) la comparabilidad, c) la coherencia, d) la integridad, e) la transparencia y f) la puntualidad de los inventarios de los Estados miembros, de acuerdo con las Directrices del CMCC para los inventarios anuales de gases de efecto invernadero [www.unfccc.org](http://www.unfccc.org) y con las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su versión revisada de 1996, y las Orientaciones del IPCC sobre buenas prácticas y gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [www.ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/).

La responsabilidad global del inventario comunitario reside en la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea. La AEMA asiste a la Comisión Europea a través del trabajo del Centro Temático Europeo de calidad del aire y cambio climático (CTE/ACC), Eurostat (Enfoque de referencia para las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso de combustibles) y el Centro Común de Investigación (usos del suelo, cambios de uso del suelo y actividades forestales, agricultura).

Los Estados miembros informarán sobre sus emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero para el año t-2 a la Comisión el 15 de enero de cada año. Esto se hará de conformidad con los requisitos de notificación establecidos el marco del CMCC. Después de realizar los controles iniciales, los Estados miembros envían

actualizaciones y revisan el informe de inventarios comunitarios antes del 15 de marzo. El CTE/ACC de la AEMA elabora el inventario final de emisiones de GEI de la CE y el informe de inventarios que serán presentados por la Comisión Europea a la secretaría de la CMCC antes del 15 de abril [http://reports.eea.europa.eu/technical\\_report\\_2008\\_6/en](http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2008_6/en) El inventario de la CE será definitivo en junio, una vez que los Estados miembros hayan completado las posibles nuevas entregas de datos en el marco del proceso de revisión con arreglo al CMCC (15 abril-31 mayo).

Para un acceso rápido a los últimos datos sobre gases de efecto invernadero facilitados oficialmente para Europa, la AEMA ha desarrollado el «**visualizador de datos sobre gases de efecto invernadero**». Se puede acceder a los datos por sector, gas, país y años, y pueden visualizarse y descargarse de <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=455>. Los datos sobre gases de efecto invernadero de AEMA conforman la base del cálculo del indicador del conjunto básico de la AEMA sobre emisiones y eliminaciones de GEI y del indicador estructural de la Comisión Europea sobre emisiones de GEI, así como de diversos indicadores de desarrollo sostenible.

Para los efectos de información sobre indicadores y sobre la base de la clasificación del IPCC, la AEMA agrega los sectores utilizando las siguientes definiciones:

- El «Sector energético» (FCI 1 «Energía») es responsable de las emisiones relacionadas con la energía, como las derivadas de las «Actividades de uso de combustibles» (FCI 1A) y «Emisiones por fugas de combustibles» (FCI 1B).
- Las actividades de uso de combustibles incluyen: «Sector energético» (FCI 1A1), «Industrias manufactureras y construcción» (FCI 1A2), «Transportes» (FCI 1A3), «Otros sectores» (FCI 1A4) y otras emisiones estacionarias o móviles del uso de combustibles (FCI 1A5 «Otros»). Las emisiones por fugas de combustibles incluyen «Combustibles sólidos» (FCI 1B1) y «Petróleo y gas natural» (FCI 1B2).
- La «Producción de energía» incluye «Sector energético» (FCI 1A1) (es decir, la producción de electricidad y calor para suministro público, las refinерías de petróleo y la fabricación de combustibles sólidos) y las «Emisiones por fugas» (FCI 1B) (es decir, las emisiones procedentes de la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y uso de combustibles, en

particular las minas de carbón y la producción de gas).

- «Transporte» (FCI 1A3) incluye el transporte por carretera, el transporte aéreo civil nacional, ferrocarriles y navegación, y otras formas de transporte no rodado (de acuerdo con las directrices del CMCC y la CEPE, no se incluyen las emisiones procedentes del transporte aéreo ni de la navegación internacional).
- «Industria» (FCI 1A2) incluye el uso de combustibles fósiles (para electricidad y calor) en las industrias manufactureras y la construcción (como hierro y acero, y metales no férreos).
- «Hogares» (FCI 1A4b) incluye el uso de combustibles fósiles en los hogares.
- «Sector servicios» (FCI 1A4a + 1A4c + 1A5) incluye el uso de combustibles fósiles (para electricidad y calor) procedentes de pequeñas empresas comerciales, instituciones públicas, empresas agrícolas y militares.
- Las emisiones no relacionadas con la energía incluyen «Industria» (FCI 2) (es decir, los procesos en las industrias manufactureras y la construcción sin uso de combustibles fósiles incluida la producción y el consumo de gases fluorados), «Agricultura» (FCI 4) (es decir, ganadería, en particular gestión de abonos, y fermentación entérica y emisiones de suelos) «Residuos» (FCI 6) (es decir, instalaciones de gestión de residuos, en particular vertederos y plantas de incineración) y «Otros no energéticos» (FCI 3 + 7) (es decir, uso de disolventes y otros productos).

Para más información, consulte [www.eea.europa.eu/themes/climate](http://www.eea.europa.eu/themes/climate) y [www.eea.europa.eu/themes/energy](http://www.eea.europa.eu/themes/energy).

### Datos sobre emisiones de contaminantes atmosféricos

El Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia promovido por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE CLRTAP) en 1979 sigue siendo el requisito legal de notificación para los Estados miembros de la Comunidad Europea. Se pide a los Estados miembros de la UE que remitan una copia de su presentación oficial de datos de emisiones atmosféricas al convenio LRTAP en el depósito central de datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente antes del 15 de febrero de cada año. Los métodos utilizados por los Estados miembros en la recopilación de sus inventarios se basan en la guía conjunta del Inventario de emisiones EMEP/CORINAIR: <http://reports.eea.europa.eu/EMEP-CORINAIR5/en/page002.html>.

La Comisión Europea informa a la División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos de la CEPE sobre los datos de emisiones sobre SO<sub>x</sub> (como SO<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub> (como NO<sub>2</sub>), NH<sub>3</sub>, COVNM, CO, metales pesados (MP), contaminantes orgánicos persistentes (COP) y partículas. La Agencia Europea del Medio Ambiente preparó el inventario anual de emisiones CLRTAP de la Comunidad Europea 1990–2006 en nombre de la Comisión Europea: [http://reports.eea.europa.eu/technical\\_report\\_2008\\_7/en](http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2008_7/en).

Además, la Directiva comunitaria 2001/81/CE sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos establece los límites superiores para cada Estado miembro de las emisiones totales en 2010 de los cuatro contaminantes responsables de la acidificación, eutrofización y contaminación del ozono troposférico (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV y amoníaco): <http://ec.europa.eu/environment/air/legis.htm#ceilings>. Sobre la base de las disposiciones de la Directiva, los Estados miembros están obligados a presentar cada año sus inventarios nacionales de emisión y proyecciones para 2010 a la Comisión Europea y a la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Para un acceso rápido a los últimos datos de emisiones de contaminantes atmosféricos comunicados oficialmente para Europa, véanse los «visualizadores de datos» relevantes sobre sustancias acidificantes, precursores del ozono, partículas, el Convenio LRTAP y la Directiva sobre techos nacionales de emisión. Los datos pueden consultarse y descargarse en <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/>. Para más información sobre contaminación atmosférica, consulte <http://www.eea.europa.eu/themes/air>.

### Datos sobre energía

Tradicionalmente, Eurostat ha recopilado los datos sobre energía a través de sus cinco cuestionarios anuales conjuntos, compartidos por Eurostat y por la Agencia Internacional de la Energía, aplicando una metodología consolidada y armonizada. Los datos sobre energía están a libre disposición del público en el sitio web de Eurostat <http://ec.europa.eu/comm/eurostat/>. La información metodológica sobre los cuestionarios anuales conjuntos y la recopilación de datos puede encontrarse en [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_SDDS/EN/nrg\\_quant\\_sm1.htm](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/EN/nrg_quant_sm1.htm). Una descripción detallada de los conceptos de Eurostat utilizados en la base de datos sobre energía está disponible en <http://circa.europa.eu/irc/dsis/coded/info/data/coded/en/Theme9.htm>.

En el momento de redactar este informe, la recopilación de datos para las estadísticas en materia de energía se basa en un pacto de caballeros con escasas excepciones. La Comisión Europea ha aprobado un Reglamento que deberá ser adoptado por el procedimiento de codecisión por el Consejo y el Parlamento Europeo, con el objetivo de establecer un marco común para la producción, transmisión, evaluación y difusión de estadísticas comparables sobre la energía en la Comunidad. Con pocas enmiendas a la propuesta de la Comisión, el texto legal fue aprobado por el Consejo y el Parlamento Europeo en primera lectura, con arreglo al procedimiento de codecisión. El Reglamento entrará en vigor 20 días después de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea, y se espera que sea antes de que finalice 2008.

Para subrayar que de conformidad con el nuevo Reglamento sobre estadísticas energéticas «se velará razonablemente para garantizar la coherencia entre los datos sobre energía declarados de conformidad con el anexo B y los datos declarados de conformidad con la Decisión 2005/166/CE de la Comisión, de 10 de febrero de 2005, por la que se establecen disposiciones de aplicación de la Decisión nº 280/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto».









ISBN 978-84-491-1056-6



9 788449 110566



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO