



**Franz-Josef Brüggemeier**

Sol, agua, viento: la evolución  
de la transición energética  
en Alemania.

sociedad de calidad –  
democracia social  
**#2017plus**

**FRIEDRICH  
EBERT**   
**STIFTUNG**

## sociedad de calidad – democracia social #2017 plus

UN PROYECTO DE LA FUNDACIÓN FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG  
PARA EL PERÍODO DE 2015 A 2017

¿Qué caracteriza a una Sociedad de Calidad? Nosotros entendemos que sus características son la justicia social, la sostenibilidad medioambiental, una economía innovadora y de éxito y una democracia en la que las ciudadanas y los ciudadanos participen de forma activa. Esta sociedad de calidad encuentra su base en los valores fundamentales de la libertad, la justicia y la solidaridad.

Necesitamos nuevas ideas y enfoques que permitan que el concepto de Sociedad de Calidad no se quede en una mera utopía. Por ello, la fundación Friedrich-Ebert-Stiftung elabora recomendaciones concretas para la actuación política en los próximos años. Dichas recomendaciones se centran fundamentalmente en las siguientes áreas:

- Debate sobre los valores fundamentales: libertad, justicia y solidaridad.
- Democracia y participación democrática.
- Un nuevo y mejor modelo de crecimiento y políticas económica y financiera efectivas.
- Trabajo decente y progreso social.

Una Sociedad de Calidad no aparece de la nada, ha de ser construida y modelada con la participación de todos nosotros. Para este proyecto, la Friedrich-Ebert-Stiftung se sirve de su red internacional para poder aunar diferentes perspectivas: la alemana, la europea y la internacional. En el periodo que va de 2015 a 2017, y a través de múltiples publicaciones y en diferentes eventos, la fundación abordará de forma continuada este tema para conseguir que la Sociedad de Calidad sea factible en el futuro.

Puede consultar más información sobre el proyecto en la siguiente dirección de internet:  
[www.fes-2017plus.de](http://www.fes-2017plus.de)

### La Friedrich-Ebert-Stiftung

La Friedrich-Ebert-Stiftung (FES), fundada en 1925, es la fundación política más antigua de Alemania. Está comprometida con el legado del político que le da nombre y se rige por los valores fundamentales de la democracia social: libertad, justicia y solidaridad. Estos valores vinculan esencialmente a la FES con la socialdemocracia y los sindicatos libres.

La FES lleva a cabo distintas actividades para promover la democracia social, entre las que destacan las siguientes:

- formación política para fortalecer la sociedad civil,
- asesoramiento político,
- colaboración internacional con oficinas en el extranjero en más de 100 países,
- concesión de becas para estudiantes dotados,
- conservación de la memoria colectiva de la democracia social, entre otros mediante un archivo y una biblioteca.

### Nota sobre el autor del texto

**Franz-Josef Brüggemeier** es titular de la cátedra de historia económica, social y medioambiental del departamento de historia en la universidad Albert-Ludwig de Friburgo.

### En la fundación FES, el responsable de esta publicación es:

**Philipp Fink** es responsable del área de trabajo Política Medioambiental, Climática, Energética y Estructural en el departamento de política económica y social, así como del grupo de proyecto Política Energética y de Lucha contra el Cambio Climático en el marco del proyecto „gute gesellschaft – soziale demokratie 2017plus“ (sociedad de calidad – democracia social #2017 plus).

**Franz-Josef Brüggemeier**

# Sol, agua, viento: la evolución de la transición energética en Alemania.

3	<b>PREFACIO</b>
4	<b>1 INTRODUCCIÓN</b>
6	<b>2 TRANSICIONES ENERGÉTICAS A LO LARGO DE LA HISTORIA</b>
6	2.1 El carbón y el paso a la era de los combustibles de origen fósil
7	2.2 El petróleo y la energía atómica
9	2.3 La energía atómica y la dependencia del petróleo
11	<b>3 LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ACTUAL</b>
11	3.1 Objetivos
12	3.2 La ley alemana de las energías renovables (EEG): prolegómenos y elaboración
13	3.3 Abandono de la energía atómica, fases I y II
14	3.4 Aplicación de la ley EGG
14	3.4.1 Garantía de aprovisionamiento y suministro
20	3.5 Europa
22	3.6 Rentabilidad económica
23	3.6.1 Costes externos
25	3.6.2 El recargo para las renovables impuesto por la ley EEG y el precio de mercado
27	3.6.3 Eficiencia y ahorro
28	3.7 Respeto al medio ambiente
32	<b>4 CONCLUSIONES</b>
34	Índice de ilustraciones
34	Índice de siglas
35	Glosario
37	Bibliografía



## PREFACIO

El día 11 de mayo de 2014, las energías renovables marcaron un hito satisfaciendo en algunos momentos del día un 80% de la demanda de electricidad, el valor máximo hasta la fecha. En realidad, 2014 fue de hecho un año récord, ya que por primera vez el suministro de electricidad generada a partir de energías renovables superó el 27% de la demanda. Teniendo en cuenta que hace cinco lustros su porcentaje solo era del 3%, se ha conseguido que, al cabo de 25 años, más de un cuarto de la electricidad consumida provenga de energías renovables. Además, el sector emplea a más de 370 000 personas en Alemania. Todo esto parece indicar que se está más cerca de conseguir el ambicioso objetivo de la transición energética, al menos en lo que respecta a la generación de electricidad: que para la obtención de energía se dejen de emplear combustibles de origen fósil, que tanto contribuyen al cambio climático. Al mismo tiempo, no ha decaído el interés de otros países en la transición energética en Alemania, la llamada *Energiewende*. De hecho, el pilar fundamental de la misma, la ley de las energías renovables que regula la ampliación de la implantación de las energías renovables, ha sido retomada por 65 países.

Sin embargo, y a pesar de estos logros, el proceso de la transición energética no transcurre sin que surjan trabas, pues supone nada más y nada menos que la modificación del sistema energético de una sociedad industrializada. Para poder explicar la transición energética con la profundidad que merece hay que ir más allá de las frías estadísticas y de su componente tecnológica, y exponer el contexto económico, social y político del que surgió la decisión de llevarla a cabo. ¿Cuál ha sido el curso concreto que ha seguido la transición energética? ¿Cuáles son los hitos alcanzados? ¿Quiénes fueron los actores que la impulsaron? ¿Cuáles eran los intereses en juego y en qué medida han ido cambiando? ¿Había referencias históricas?

Estas son las cuestiones que aborda en este estudio Franz-Josef Brüggemeier, de la universidad Albert-Ludwig de Friburgo. En él muestra con claridad que la tarea de conciliar los tres polos del triángulo de la política energética, a saber, garantía de aprovisionamiento y suministro energético, rentabilidad económica y respeto al medio ambiente, no es la única que la transición energética ha de resolver. Además, ha de

tener en cuenta la diversidad de retos, problemáticas, opciones e intereses que se plantean en los ámbitos político, económico y tecnológico. En su análisis histórico, Brüggemeier muestra cómo la realización de una transición energética es siempre el resultado de un complejo compromiso mutuo que satisfaga de forma equilibrada intereses dispares. En ese contexto, el autor hace referencia al papel de liderazgo que la democracia social, en tanto que movimiento social y político, ha asumido en el diseño de la transición energética. La razón para ello es que, a diferencia de otros movimientos políticos, mientras por un lado mantenía su tradicional cercanía al sector energético, a la industria y a sus empleados, por otro salían de entre su filas algunas de las cabezas pensantes que han concebido la transición energética. Encontrar una solución de compromiso que tenga en cuenta los intereses dispares de beneficiados y perjudicados es complejo y puede ser frustrante para algunos de los implicados. Sin embargo, apostando por esta solución, la socialdemocracia ha conseguido poner en marcha una transición energética que es un proceso de modernización social y económica. Esa conciliación de intereses encontrados será en el futuro un elemento clave en el diseño de la forma que vaya adoptando la transición energética, y por ello, una tarea que se ha de fijar la democracia social para el futuro.

En el marco del proyecto de futuro „gute gesellschaft soziale demokratie #2017plus“ (sociedad de calidad – democracia social #2017plus), el equipo del proyecto #2017 realizará un seguimiento de la evolución de las políticas energética y de lucha contra el cambio climático, y analizará su importancia para democracia social.

Espero que disfruten con la lectura del texto.

### DR. PHILIPP FINK

Departamento de política económica y social de la Friedrich-Ebert-Stiftung

# INTRODUCCIÓN

En todo el planeta se debate sobre la necesidad de realizar una transición energética para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y detener el temido aumento de la temperatura media del planeta. Para conseguirlo es necesario sustituir los combustibles de origen fósil (lignito, hulla, gas, petróleo) por energías renovables provenientes del aprovechamiento del viento, el sol, los recursos hídricos y la biomasa. Muchos países ya han comenzado a realizar esfuerzos en este sentido, pero es en Alemania donde ya se han conseguido grandes avances y sirve de ejemplo tanto de los logros que es posible alcanzar como de los problemas que hay que superar. Además, la transición energética alemana no solo tiene por objetivo reducir el consumo de combustibles de origen fósil, sino también que se abandone el uso de la energía atómica por los riesgos que supone y los desechos radioactivos que genera. Los objetivos son especialmente ambiciosos, y por ello los esfuerzos realizados despiertan consideración y aprecio en todo el mundo.

En el contexto de la transición energética se hace referencia de forma repetida y más que justificada a la importancia de las iniciativas ciudadanas y las organizaciones a favor de la protección del medioambiente. Sin embargo, el impulso que generan y la presión que ejercen no están en condiciones de, por sí solos, imponer la toma de determinadas decisiones o conseguir que se aprueben leyes. Para ello es necesario el apoyo de movimientos políticos de más calado. En Alemania, la democracia social ha asumido ese papel. Se presta, además, de forma especialmente propicia por estar vinculada estrechamente con los sectores industriales establecidos y sus empleados, al tiempo que, en repetidas ocasiones, ha sido impulsora de procesos de modernización.

Acorde con ese papel, el SPD no tuvo una postura unitaria de cara a la transición energética, de modo que, efectivamente, la fue apoyando pero muchas veces con una mirada igualmente escéptica. Algo que, por otro lado, no sorprende, ya que el suministro y uso de energía es de una trascendencia tal para una sociedad industrializada que cualquier esfuerzo por introducir cambios en ese ámbito conlleva efectos de gran calado y crea situaciones contradictorias. Por más que las organizaciones de defensa del medioambiente se lamenten de que surjan estas contradicciones, lo cierto es que son inevitables.

Por ello, hay que gestionarlas y encontrar para ellas soluciones políticas aceptables. A este respecto, el SPD ha contribuido a ello más que el resto de partidos, aunque solo sea porque tiene la experiencia de transiciones energéticas pasadas, que a medida que iban sucediéndose mostraban que en este tema es importante revisar continuamente la postura propia y corregirla de ser necesario.

Un buen ejemplo es la transición hacia la energía atómica que tantas expectativas generó en los años 50 del siglo pasado. Con ella llegaba la esperanza de dejar atrás el carbón, tan contaminante, y de disponer de energía barata y sin contaminación. Esperanza que duró hasta principios de la década de los 80, cuando se tomó conciencia de los riesgos enormes que conlleva la energía atómica. Ya en aquel momento se habló de las energías renovables como alternativa. Sin embargo, aún estaban poco desarrolladas y, según la opinión generalizada, a lo sumo se podrían considerar como una opción a largo plazo. El uso del carbón se presentaba como una alternativa más realista, con lo que experimentó un renacimiento. Se construyeron numerosas centrales térmicas con una vida útil de varias décadas y que por ello aún hoy están en servicio y plantean un gran problema para la consecución de los objetivos la transición energética.

Si se hace referencia a transiciones pasadas no es para desviar la atención de la situación actual, antes al contrario, es necesario para entender cómo funciona nuestro sistema energético y en qué medida es capaz de transformarse. Podríamos compararlo a un petrolero de grandes dimensiones, enormes más bien, al que le cuesta mucho cambiar de curso. Los efectos de cualquier decisión se siguen sintiendo durante mucho tiempo, como muestra el ejemplo de las centrales térmicas de carbón. Además, los cambios de curso de ese petrolero que es el sistema energético se complican aún más por el hecho de que en su puente de mando haya no uno, sino varios capitanes que, además, se ocupan de diferentes áreas del aprovisionamiento energético y que no necesariamente quieren seguir una misma ruta. Pensemos en los operadores de centrales de generación de electricidad, en los gestores de redes de distribución de energía, en las refinerías o las explotaciones de lignito, en los suministradores de petróleo, carbón y gas, y en los fabricantes de instalaciones solares y de generadores

eólicos. Y no olvidemos a los empleados de cada una de estas áreas. A todo ello hay que añadir a los políticos y a los partidos, que también se ocupan del aprovisionamiento energético y que igualmente persiguen sus propios objetivos, entre los que se encuentran sobre todo garantizar los puestos de trabajo.

Aquellos que anhelan una transición energética rápida se sienten a menudo decepcionados con esta situación en la que hay tantos grupos e intereses que no solo dejan sentir su influencia sino que muchas veces incluso actúan como freno. Es cierto que hay muchas y buenas razones para perder la paciencia, pero la transición energética no es un proyecto estrictamente técnico en el que sea sencillo determinar cuáles son las medidas a adoptar. Es más bien un proceso que ha de tener en cuenta los tres objetivos de toda política energética, que son por un lado el garantizar el aprovisionamiento de energía, y por otro que sea de una forma asequible y finalmente que sea ecológicamente sostenible. Intentar llevar a cabo una transición energética es materia puramente política que suscita múltiples cuestiones y en la que inevitablemente se terminan enfrentando diferentes intereses. Todo ello realza la importancia de partidos como el SPD a la hora de conseguir el imprescindible consenso social y de tener en cuenta tanto a quienes resultan beneficiados como aquellos que salen perjudicados.

La comprensión de los retos que se plantean se requiere una percepción adecuada de los múltiples aspectos y argumentos que conlleva la transición energética. Y no es tarea fácil, pues son objeto de un debate candente en el que los participantes llevan hasta el extremo sus posturas: mientras que a quienes abogan por la transición energética se les tacha frecuentemente de „locos ilusos“ que ponen en peligro el futuro de la economía, estos, a su vez, pecan a menudo de un optimismo exagerado cuando refieren las posibilidades que ofrecen las energías renovables. La consecuencia es la proliferación de declaraciones, descripciones y dictámenes periciales que llegan a muy diferentes conclusiones y que a menudo se contradicen entre sí. Esto dificulta enormemente la tarea de formarse una opinión fundada.

Los argumentos que figuran a continuación quieren servir de orientación y pretenden recoger las diferentes posturas, problemas y posibilidades que se plantean en la actualidad en torno a la transición energética. Para comprender todo ello es

necesario echar la vista atrás y repasar las transiciones energéticas del pasado. Una de las más importantes tuvo lugar hace aproximadamente 200 años, y puede parecer por ello algo remoto, pero lo cierto es que es muy útil analizarla, pues tuvo lugar en una sociedad que, en aquel momento, estaba basada en esas energías renovables que hoy parecen tan importantes.

## 2

## TRANSICIONES ENERGÉTICAS A LO LARGO DE LA HISTORIA

### 2.1 EL CARBÓN Y EL PASO A LA ERA DE LOS COMBUSTIBLES DE ORIGEN FÓSIL

Cuando se inició la revolución industrial, hace aproximadamente 200 años, la sociedad y la economía estaban basadas casi por completo en el uso de energías renovables. Es verdad que el carbón se utilizaba desde la antigüedad, pero fue siempre en cantidades pequeñas. El petróleo y el gas desempeñaban un papel de importancia nula. De hecho, es difícil hablar de empleo de la energía cuando se estudia aquella época, pues lo primordial era generar calor (sobre todo por combustión de la madera), mientras que como fuerza motriz se usaban fundamentalmente el viento y el agua en movimiento, así como la fuerza física de los animales y del propio hombre. Podríamos decir que en aquella época no se disponía de energía, si la entendemos como aquello que a partir del calor produce movimiento. Esto se pudo conseguir por vez primera con la máquina de vapor, que fue lo que dio paso a la industrialización y al concepto de energía y su uso que manejamos hoy en día.

Para generar calor, la opción más importante con gran diferencia era usar la madera, una materia prima que se regenera. Aparte, se disponía del viento y del agua para mover molinos, fraguas y embarcaciones. Y no era de menor importancia la fuerza física de los animales, así como la del propio hombre, para transportar cargas, manejar herramientas y realizar todo tipo de trabajos. De todas estas fuentes de energía, solo la madera, el agua y el viento eran sostenibles, aunque se daba el caso, de forma repetida, de que la utilización de la madera y otros recursos superaba el ritmo con que volvían a crecer. Si se querían usar de forma continuada era necesario, por lo tanto, evitar los excesos para garantizar un aprovisionamiento sostenible. Por otro lado, no se puede considerar que la aplicación de la fuerza de hombres y animales sea sostenible, ya que depende de su alimentación, la cual provenía de la agricultura (Brüggemeier: 2014, capítulo 2, 3).

En términos generales, la actividad agrícola y los productos que se obtenían del terreno tenían una importancia decisiva, no solo para la alimentación, sino también como fuente de muchas materias primas de las que dependían la actividad de los oficios artesanos, del comercio y de las primeras fábricas:

cáñamo, lino, paja o madera, productos directos de la tierra, así como la lana, el cuero, las velas y otros productos que se obtenían de la ganadería y a través de diferentes procedimientos de transformación. La madera tenía una importancia primordial y no sin razón se la considera como la materia prima fundamental de aquella época. No solo servía para calentarse, sino que se empleaba también como material para la construcción de casas, embarcaciones, vehículos y otros medios de transporte. Además, con ella se confeccionaban muchas herramientas y la mayor parte de los utensilios de uso cotidiano (cubiertos, mesas, sillas, camas,...). Incluso la famosa Spinning Jenny (la primera hiladora industrial), que durante mucho tiempo fue el símbolo de la industrialización, estaba construida en gran parte con madera.

La madera y el resto de materias primas dependían fundamentalmente del sol, la única fuente de energía que la brindaba día tras día y que permitía que aquellas aquellas crecieran y pudiesen ser utilizadas por los hombres.

Esos sí, su uso debía ser sostenible, pues solo era posible utilizarlas, como máximo, en la misma cantidad y al mismo ritmo con que se regeneraban cada año. De haber mala cosecha, se consumían mayores cantidades y se recurría a las reservas almacenadas. Pero este consumo en exceso no podía prolongarse por mucho tiempo, pues si se usaba demasiada madera, se sacrificaban demasiados animales o si se agotaban las reservas se ponía en peligro la base de la subsistencia. Esto obligaba, por necesidad, a que aquella sociedad utilizara las materias primas de forma sostenible y, por ello, que estuviese expuesta a una incertidumbre considerable debido a que las cosechas eran imprevisibles y desiguales y a que resultaba muy problemático almacenar alimentos durante largos períodos de tiempo. A esa inseguridad contribuía además el que la energía ofrecida por el sol, el agua y el viento solo se pudiese acumular en cantidades muy limitadas, y su transporte a lugares lejanos fuese complicado y exigiese esfuerzos enormes. La biomasa, sobre todo la madera, actuaba como reserva de energía, que, sin embargo, era de transporte difícil y costoso por su peso elevado y su baja densidad energética. Esta era la razón por la que los centros fabriles que necesitaban grandes cantidades de energía se concentrasen en aquellos lugares donde se disponía de madera o de la energía hidráulica. La

actividad productiva se encontraba por ello descentralizada y estaba expuesta a las fluctuaciones meteorológicas y estacionales, así como a parones en su actividad cuando faltaba el agua o la madera. Dicho con otras palabras: la demanda de energía debía adaptarse en gran medida a la oferta.

La incertidumbre inherente creció con el rápido aumento de la población, ya que solo se podía incrementar de forma paulatina lo que producía la tierra. El aumento del número de personas abocó a una crisis. A pesar de todo, una sociedad muy desarrollada que se sustentaba con materias primas regenerables y que, ya antes de la revolución industrial, consiguió niveles de calidad de vida notables y alcanzó hitos impresionantes en la ciencia y en la técnica. Al mismo tiempo, alrededor de 1800 empezaron a aparecer indicios de que la población crecía demasiado deprisa y de que se acercaban tiempos de crisis.

A día de hoy sigue siendo difícil discernir cuál fue la dimensión de esas crisis y si el crecimiento de la población realmente suponía un problema insalvable, pues las dificultades mencionadas aparecían con frecuencia y la sociedad de aquel momento disponía de múltiples posibilidades para afrontarlas. Lo que sí es cierto es que se pueden hacer sin reparos dos afirmaciones. Por un lado, es verdad que el uso que hacían de la energía y de las materias primas hacía que aquellos núcleos sociales fuesen sostenibles. Sin embargo, por la misma razón estaban expuestos a la variabilidad de las cosechas, a carencias frecuentes, a una expectativa de vida baja y a muchas otras incertidumbres. Esto hace que no las podamos tomar como un modelo a replicar. Por otro lado, fueron la industrialización y el uso del carbón asociado a ella los que permitieron escapar a esas incertidumbres. El carbón no volvía a crecer de un año para otro, con lo que su utilización no era sostenible. Además, se tenía la impresión de disponer de este combustible en cantidades ilimitadas, lo cual ofrecía nuevas posibilidades económicas y sociales.

El carbón venía a ser un medio de almacenamiento de energía y, tras la aparición de los ferrocarriles, era posible trasladarlo a grandes distancias con un coste reducido. Desde aquel momento fue posible disponer de grandes cantidades de energía allí donde se necesitaba y, además, sin estar sujeta a la variabilidad que imponía la naturaleza. De esta forma aparecieron numerosas máquinas y fábricas y los procesos productivos se hicieron más eficientes. Todo ello, junto con los nuevos descubrimientos científicos y muchos otros factores, dio lugar a un veloz aumento de la productividad y a la aparición de la sociedad industrial actual. La consecuencia fue que, a partir de 1850, se produjo un rápido crecimiento tanto de las ciudades como de las regiones industrializadas, en las que, además de la población, se concentraron la actividad política, la administrativa y la económica, todas ellas dependientes tener energía barata a constante disposición.

Esta evolución recibió un impulso adicional a través de dos innovaciones. En primer lugar, la capacidad de poder transportar energía a grandes distancias en forma de electricidad. Y en segundo lugar, la posibilidad de no limitarse al uso de grandes instalaciones como las máquinas de vapor, sino poder mover con ella, además de con el petróleo y el gas, motores pequeños. Esto llevó a la construcción de grandes centrales que generaban la electricidad demandada y que contribuyeron de una manera esencial a que se asentase la producción

industrial tal y como la conocemos hoy y que se caracteriza por ser continua, ya que no está expuesta a la variabilidad de factores naturales, se basa en una oferta constante de energía que se ajusta a la demanda y está vinculada a una articulación profundamente centralizada (Sieferle: 2003).

La transición energética que tuvo lugar hace 200 años puso punto y final a un modelo económico en el que el uso de recursos era sostenible y que, por lo tanto, cumplía uno de los objetivos que aspiramos a alcanzar con la transición energética actual. Ciertamente es que, al mismo tiempo, la sociedad de aquella época estaba a merced de las fluctuaciones climáticas, y estacionales y de la variabilidad de los factores naturales en general, por lo que tenían que lidiar con una gran incertidumbre. No satisfacía nuestra concepción actual de sostenibilidad, ya que para nosotros no se trata únicamente de cómo se usan los recursos, sino también de un planteamiento político y social. En una sociedad sostenible tiene que haber derechos políticos, participación y otras características que hagan que merezca la pena el esfuerzo de construirla y vivir en ella. Y ese no era el caso a principios del siglo XIX.

Además, la transición no se realizó de forma inmediata. Hubieron de pasar varias décadas hasta que se consolidó el nuevo modelo económico basado en la industrialización. Este proceso requirió muchos cambios, tanto tecnológicos, sociales, políticos como económicos, para poder reaccionar ante esta nueva forma de producir industrialmente y poder controlarla, algo que aún a día de hoy solo ha conseguido una parte del mundo. Por lo tanto, no es de extrañar que no sea posible conseguir que la transición energética actual suceda de la noche a la mañana. Lo normal es más bien que precise de un largo y complejo proceso.

## 2.2 EL PETRÓLEO Y LA ENERGÍA ATÓMICA

Tras el auge del carbón apareció en repetidas ocasiones la preocupación por que se agotasen sus yacimientos. Al mismo tiempo, empezaron a crecer las críticas debido a los contaminantes que producía la utilización de este combustible. Ambos argumentos, la inquietud por el fin de las reservas y la crítica por la contaminación causada, han marcado esta era del carbón y se mantuvieron presentes también después de la Segunda Guerra Mundial, hasta que a mediados de los años 50 del siglo pasado aparecieron el petróleo y en especial la energía atómica, prometiendo una transición a fuentes de energía menos contaminantes y aparentemente inagotables (Müller: 1990; Radkau: 1978).

El petróleo era ya explotado a nivel industrial a finales del siglo XIX, pasando más adelante a extenderse su uso a todo el mundo. En la República Federal de Alemania no adquirió una importancia clave hasta después de 1945, cuando se impuso como recurso base para la industria química, para las centrales eléctricas y para la calefacción de los hogares, sin olvidar la gasolina para la automoción. Es verdad que el carbón y el petróleo comparten muchas características químicas comunes, pero el empleo del segundo para las aplicaciones mencionadas es mucho más sencillo. Con el petróleo apareció la industria química moderna, con su enorme variedad de productos, sobre todo de plástico. Asimismo, aumentó notable-

mente el consumo de energía y el transporte de personas y bienes alcanzó unos niveles desconocidos hasta la época. Esto hace que una de las tareas de más importancia de la transición energética actual sea mantener el volumen y la facilidad de transporte alcanzados al tiempo que se desarrollen alternativas viables en la práctica.

Mayor repercusión aún que el paso al uso del petróleo tuvo en un principio el de la energía atómica, que despertó expectativas sin límite tanto entre el público en general como entre los partidos políticos. El gobierno federal creó en 1955 un ministerio específico para la energía atómica a cuya cabeza estaba Franz Josef Strauß. Por su parte, el SPD aprobó en 1956 un „Plan para la Energía Atómica“ en el se decía: «Es el inicio de una nueva era. La fisión controlada del átomo y la energía obtenida por este procedimiento son el punto de partida de una nueva era para la humanidad. La mejora del estado del bienestar que esta nueva fuente de energía (...) puede proporcionar debe beneficiar a todas las personas». La energía atómica podría «ayudar de forma decisiva a consolidar la democracia interna de los países y la paz entre los pueblos. La era atómica será entonces una era de paz y libertad para todos». (Brüggemeier: 2014, 228; Brandt: 1957). Para ello, el gobierno federal ha de facilitar fondos para la investigación de la energía atómica que permita recuperar el retraso tecnológico respecto a otros países. Por otro lado, la industria fue objeto de crítica por tener un „vínculo tradicional“ con la explotación minera del carbón y por descuidar esta nueva tecnología.

Este tipo de declaraciones era común en aquel tiempo. Las centrales nucleares servirían para generar electricidad y calor, ayudarían a desalinizar el agua del mar y harían de los desiertos en tierra fértil, generarían calor para invernaderos en el norte o permitirían desviar el cauce de ríos y así regar zonas de terreno árido. A menor escala, serviría para mover barcos, submarinos, trenes e incluso automóviles, si bien en este caso con los consiguientes problemas de seguridad: hubo estudios que mostraron que se necesitaría una coraza de protección que pesaría 100 toneladas.

La energía atómica prometía ser no solo una fuente de energía barata y no contaminante, sino que además era inagotable, se podría aprovechar durante muchos siglos y habría de ser la respuesta para prácticamente cualquier problema. Innumerables periodistas, escritores y políticos defendían esta convicción. También entre el público en general encontró respaldo la energía atómica. Y era posible incluso encontrar justificaciones desde la perspectiva de la protección medioambiental, pues, según rezaba el Plan para la Energía Atómica del SPD, con ella se podría evitar tanto «la explotación desmesurada de las minas de carbón» así como «la modificación destructiva del paisaje y el perjuicio para el suministro de agua que conlleva la extracción de lignito». Otto Kraus, el responsable para protección ambiental del estado federado de Baviera, recurría a una lógica argumental similar. En 1960 publicó un texto sobre la „El uso de la energía hidroeléctrica y la protección medioambiental en la era de la energía atómica“ en el que admitía que «algunos científicos, algunos políticos y algunos ciudadanos» temen los riesgos ligados a esta última, al tiempo que, por un lado, alegaba que sin embargo tales riesgos se pueden controlar, y, por otro, argumentaba además que los embalses no son menos peligrosos, pues ya solo su construcción causaba muchas víctimas. Por no mencionar que

pueden provocar una catástrofe si se rompen por fallos técnicos o por la causa de fenómenos naturales. En comparación, los avances en la tecnología atómica y en la construcción de centrales nucleares supondrían una alternativa razonable. Hay que aprovechar este «momento de la verdad», decía Kraus (Kraus: 1960, 34).

Los medios de comunicación mostraron un apoyo prácticamente unánime. Sin embargo, lejos de las instancias oficiales se seguía debatiendo del tema de forma polémica, pues el uso de la energía atómica recordaba la amenaza de la bomba atómica. Esa es la razón de que los movimientos pacifista y antinuclear estuviesen estrechamente conectados desde un principio. Cuando en los años 1951 y 1952 se buscaron emplazamientos en Karlsruhe, Colonia y Jülich para los primeros reactores nucleares se produjeron violentos enfrentamientos. Los habitantes de Karlsruhe recurrieron a los tribunales argumentado que veían amenazado el derecho fundamental a la vida y a la integridad física de las personas, al tiempo que alegaban que no se habían aclarado completamente todas las cuestiones de seguridad. Su denuncia causó sensación y se comentó en todo el territorio nacional, aunque lo cierto es que la mayoría de los artículos se decantaban a favor de esta nueva forma de energía y tachaban a los denunciantes de pueblerinos con espíritu cerril y amantes de pleitos que, tal y como decía el periódico *Südkurier* en noviembre de 1956, «querían acabar con las centrales nucleares a pedradas» (Radkau: 1978, 441).

La crisis del petróleo de 1973 reveló la gran dependencia que se tenía respecto a los estados árabes e impulsó los esfuerzos para conseguir una transición energética a través de la energía atómica. En vista de que aumentaba la demanda de energía y de que aparentemente el petróleo se iba acabando, Helmut Schmidt, ministro de finanzas a la sazón, advirtió de la posibilidad de que la energía llegase a escasear, lo que sería el principal obstáculo «para que continúe el crecimiento económico, para el desarrollo de la productividad y, por desgracia, posiblemente también (...) para el empleo». El sector de la energía nuclear le dio la razón e hizo la oferta de que en el año 2000 el 50% del consumo de energía primaria se cubriese con electricidad producida en centrales nucleares. Para ello, el sector quería que se construyesen 35 nuevas centrales que garantizaran el suministro. Además, no solo generarían electricidad, sino que proporcionarían energía térmica para los procesos productivos de la industria química y con ello contribuirían además a obtener gasolina y otros productos del petróleo a partir del carbón de hulla nacional (Brüggemeier: 2014, 316f.).

El carbón del Ruhr y los sindicatos industriales del sector minero reaccionaron con entusiasmo a tales propuestas, que abrían nuevas perspectivas a un sector en situación de contracción. También los medios de comunicación, que en un primer momento criticaron la energía atómica, se dedicaron a resaltar sus ventajas. En el año 1973, la publicación „Der Spiegel“ exigió que se duplicase el número de centrales nucleares, y los diarios „Süddeutsche Zeitung“ y „Handelsblatt“ opinaban que solo con la energía nuclear se podría abandonar el petróleo y garantizar el suministro eléctrico (Schaaf: 2002, 56).

Así fue que, en un contexto de consenso generalizado, el gobierno del estado federado de Baden-Württemberg, a la sazón en manos del partido conservador CDU, tomó en el verano de 1973 la decisión de elegir en el municipio de Wyhl

am Kaiserstuhl como localización de una central nuclear. Esto supuso al mismo tiempo el pistoletazo de salida para la movilización de los opositores a la energía nuclear, que a la postre conseguirían poner punto final al uso de la energía atómica y que serviría de impulso a la búsqueda de soluciones alternativas.

### 2.3 LA ENERGÍA ATÓMICA Y LA DEPENDENCIA DEL PETRÓLEO

En la propia localidad de Wyhl había quien se oponía a la central nuclear porque temía por su salud y por el cultivo de los viñedos, pero no es por que rechazase por principio la energía atómica. El gobierno del estado federal pensó por ello que se enfrentaba a los reparos habituales de quienes se oponían a cualquier proyecto industrial y no modificó sus planes. Sin embargo, pronto se vio que el problema era la energía atómica y esto llevó a que surgiesen cada vez más protestas entre la población local. En ellas participaron amas de casa, viticultores y agricultores, quienes, si bien no solían participar en conflictos similares, en el caso de Wyhl fueron determinantes. Contaron además con el apoyo de universitarios de Friburgo y de un número creciente de científicos que aportaban sus conocimientos y proporcionaban argumentos contra la energía atómica. Con todo ello se fue formando progresivamente una coalición de una amplitud poco común, algo que contribuyó a que las protestas de Wyhl tuviesen éxito. Igualmente importantes fueron políticos como Eppler y el SPD de Baden-Württemberg, que ya en 1975 formularon sus objeciones a la ampliación de la implantación de la energía nuclear. Los enfrentamientos fueron radicalizándose y los detractores de la central nuclear recurrieron a acciones espectaculares, como la ocupación del solar de la obra. Después de que los tribunales impusieran la paralización provisional de las obras y en vista de que las protestas se extendían, los medios de comunicación nacionales empezaron a mostrar interés en el conflicto. A pesar de ello, hubo que esperar hasta marzo de 1975 para que el semanario „Der Spiegel“ hiciese un amplio reportaje sobre Wyhl, casi dos años después de que empezasen los enfrentamientos (Rucht: 2008).

A esas alturas, el tema de la energía nuclear movilizaba a amplios sectores de la población en todo el país. Cada vez más y más personas se fueron sumando las protestas, que, en 1980, dieron lugar a la fundación del Partido Verde, „Die Grünen“. Su ascensión se debió fundamentalmente al rechazo de la energía atómica. El gobierno federal liderado por el SPD, por su parte, siguió apoyándola. La postura de los Verdes les granjeó una popularidad creciente, pero el número de aquellos que abogaban por la energía atómica seguía siendo al menos igual o mayor. Hasta que el 26 de abril de 1986 explotó uno de los reactores de la central de Chernóbil. Aproximadamente la mitad de la población alemana llegó con facilidad a una misma conclusión: había que abandonar la energía atómica. En 1986, en la asamblea general del SPD que se celebró en Núremberg, el partido decidió que eso sucedería en un plazo de 10 años y, con ello, se acercó a los Verdes. Por su parte, la coalición conservadora CDU/CSU y el partido liberal FDP mantuvieron su respaldo a la energía nuclear, para lo que contaban con el apoyo de la otra mitad de la población.

Este fue el contexto en que se pidió de nuevo que hubiese una transición energética, *Energiewende* en alemán, una palabra cuyo uso se generalizó por primera vez en aquel momento. Este concepto no solo hacía referencia al abandono de la energía atómica, sino que reflejaba con igual intensidad la preocupación por el agotamiento cercano de las reservas de petróleo, algo que ya mencionaba un informe de 1972 elaborado por el Club de Roma, muy debatido en todo el mundo y en el que se advertía de los límites del crecimiento y en particular sobre la desaparición de las reservas petrolíferas. Estos argumentos fueron recogidos por muchas personas e instituciones, entre las cuales figuraba el instituto „Freiburger Öko-Institut“, que en un estudio de 1980 señalaba como problema capital el «fin del petróleo como fuente de energía barata» (Krause et al.: 1980, 13) y exigía que hubiese en breve una transición energética. Para ello, los autores proponían varias vías, que han articulado los debates hasta el día de hoy. Entre ellas cabe citar un uso más eficiente de la energía y la desvinculación entre el crecimiento económico y el consumo de energía. Además, se requería una mayor utilización de las energías renovables, de modo que con ellas se pudiese cubrir en 2030 la mitad de la demanda energética. Esta estimación del „Öko-Institut“ sobre la contribución de estas fuentes de energía era muy optimista, lo que por otro lado era habitual en aquel momento. Al mismo tiempo, resaltaba sin embargo que la otra mitad habría de ser cubierta gracias al carbón. En el futuro, así lo presentaba el informe, habría «autoabastecimiento mediante el carbón y el sol» (Krause et al.: 1980, 39).

Muchos otros estudios abogaban igualmente por un abandono de la energía atómica e indicaban también que era necesario equipar las casas con aislamiento térmico, desarrollar nuevas tecnologías, utilizar la energía con más eficiencia y desligar el crecimiento económico del consumo energía. Había muy buenas posibilidades para llevarlo a la práctica, pero, a fin de cuentas, el carbón habría de desempeñar por el momento un papel importante. De estos argumentos existe un buen ejemplo, del que se habló mucho en aquel tiempo: el libro de Volker Hauff „Energiewende“, publicado en 1986. Hauff fue ministro de 1978 a 1982 en el gabinete de Schmidt, así como miembro desde 1983 de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de la ONU, que era conocida como la comisión Brundtland y que elaboró el informe homónimo, el más importante hasta la fecha sobre la sostenibilidad. En su libro, Hauff quería delinear un camino «de la indignación a la reforma» (que era, de hecho, el subtítulo de la obra) y presentar una serie de pasos prácticos para el abandono de la energía nuclear.

Para él, la fuente más importante de energía era un mejor uso de la misma. Sin embargo, a renglón seguido daba carta de alternativa de futuro a lo que dio en llamar “carbón limpio”. Para sustentar este pronóstico recurría a buenas razones, pues si bien el carbón generaba una cantidad considerable de emisiones contaminantes, como por ejemplo óxidos de nitrógeno y de azufre (siempre objeto de crítica y, como responsables de la lluvia ácida, causa de renovado rechazo al uso del carbón a partir los años 80 del siglo pasado), por otro lado se disponía de soluciones tecnológicas efectivas que podían reducir notablemente la emisión de estas y otras sustancias. Basándose en este hecho, Hauff hablaba de „carbón limpio“ y le confiaba un papel clave (Hauff: 1986, 95).

Erhard Eppler había defendido una postura similar años atrás. Fue uno de los primeros en el SPD en exigir el abandono de la energía atómica y es considerado uno de los primeros paladines de la transición energética. Ya en junio de 1979 argumentaba en un extenso documento que renunciar a la energía atómica no suponía un problema realmente serio si se realizaban las adaptaciones y cambios necesarios. Sería incluso posible conseguir un aumento sustancial de la oferta de electricidad, si bien esto podría requerir duplicar el uso de carbón respecto al de aquel momento (Eppler: 1979). Esto plantearía problemas, y Eppler citaba explícitamente el incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero consideraba al mismo tiempo que era aceptable recurrir al carbón para reducir la dependencia del petróleo (que para él tenía una importancia igual a la del abandono de la energía atómica), tanto más por cuanto, según él, se disponía de «plantas de ciclo combinado con combustión de carbón en lecho fluidificado que no producen emisiones». Eppler depositaba igualmente grandes esperanzas en las centrales térmicas de gas descentralizadas, mientras que, si bien mencionaba la energía solar, apenas le concedía una importancia mínima.

De forma general se puede decir que a lo largo de los años 80 del siglo pasado se hizo referencia de forma repetida a las diferentes opciones de aprovechamiento de la energía solar, aunque incluso sus defensores las valoraban modestamente (Hauff: 1986; Krause et al.: 1980). Es por lo tanto erróneo afirmar que en aquel momento se desaprovechó la oportunidad de realizar una transición a las energías renovables. La gran mayoría consideraba más realista aumentar la utilización del carbón, tanto más por cuanto se disponía de técnicas que reducían notablemente la emisión de los contaminantes generados. Es cierto que en aquel entonces, lo mismo que hoy, tales técnicas no podían evitar la emisión de CO<sub>2</sub>, pero el calentamiento global ligado a ella todavía no había alcanzado aún la categoría de problema grave. La prioridad era más bien intentar abandonar la energía atómica y liberarse de la dependencia de las fuentes de petróleo que se iban agotando.

# 3

## LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

### 3.1 OBJETIVOS

Es fácil identificar de forma clara y sencilla los objetivos de la transición energética actual: el abandono de la energía atómica, la sustitución de los combustibles de origen fósil por las energías renovables y la reducción de gases que afecten negativamente al clima. En 2022 cerrará la última central nuclear. Además, en 2050 tendrá que poder cubrirse el 80% del consumo eléctrico con electricidad proveniente de renovables, el consumo de energía primaria habrá de ser solo el 50% del de 2008 y las emisiones tendrán que haberse reducido en un 96% respecto al nivel de 1990. (BMW: 2014c).

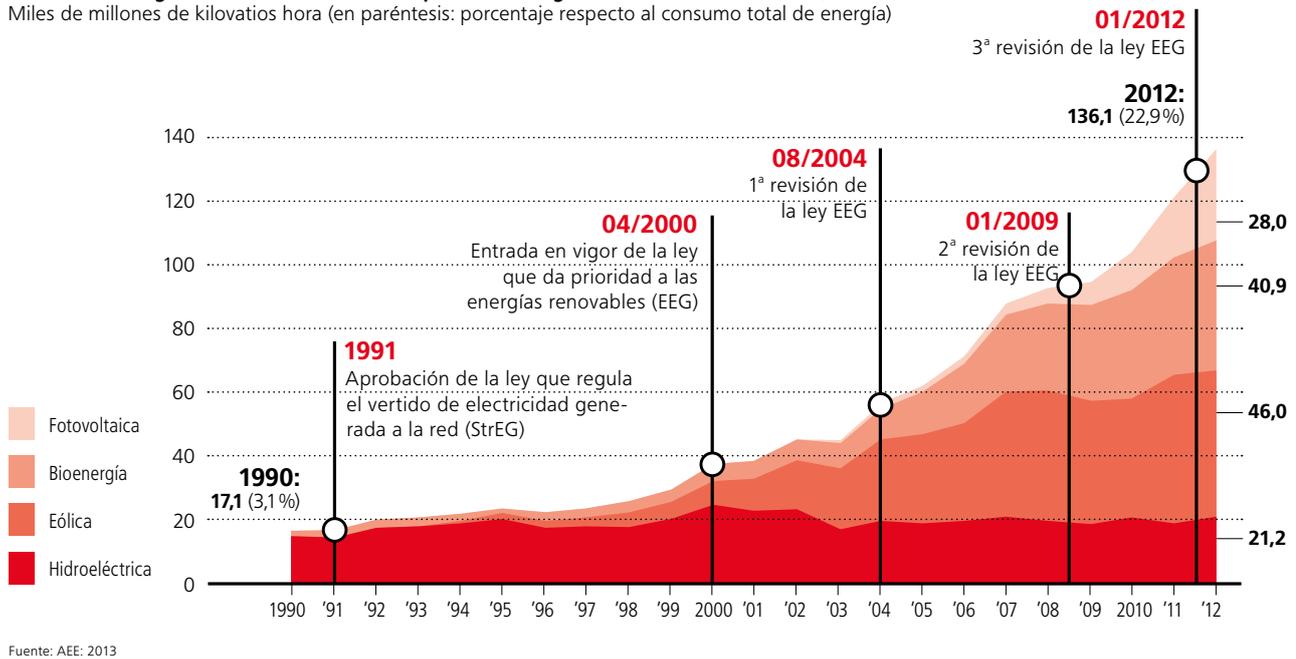
Estos planes pueden parecer muy ambiciosos, pero no dejan por ello de ser realistas, pues ya se han conseguido notables logros: ya solo en el período que va de 2000 a 2014, el consumo bruto de electricidad proveniente de energías renovables pasó del 6,2% a casi el 26%. Si la implantación y uso de las energías renovables sigue creciendo a un ritmo igual de rápido podrán relevar en un primer momento a las centrales nucleares y, más tarde, a los combustibles de origen fósil. Como además generan muy poco CO<sub>2</sub>, se reducirá claramente la emisión del mismo. Por lo tanto, la clave para alcanzar los ambiciosos objetivos fijados es dar continuidad a la evolución seguida en los últimos años (BMW: 2014b).

Algo que, sin embargo, no es tan sencillo, pues tal evolución no solo ha conducido a logros notables, sino que también ha mostrado que la transición energética conlleva grandes retos, contradicciones y conflictos. Este será el tema sobre el que versarán los párrafos siguientes. Los conflictos de intereses que surgen no solo atañen a las empresas energéticas convencionales, que temen perder su influencia, sino también a los de las diferentes posibilidades de obtener energía renovable: las energías solar, eólica, hidroeléctrica o la proveniente de la biomasa conllevan costes diferentes y ofrecen grados dispares de garantía de suministro, con lo que es necesario decidir en qué medida se amplía la implantación de una u otra. Por otro lado, en vez de seguir ampliando las capacidades de generación y aumentando el uso de la energía, también sería posible reducir el consumo o buscar otras modalidades de crecimiento económico.

En principio, estas opciones pueden combinarse entre sí y no son excluyentes las unas respecto a las demás. Sin embargo, es cierto que han de tomarse decisiones que eviten incurrir en costes innecesarios. Además, hay que tener en cuenta que en la transición energética se depositan muchas más expectativas de las que se plantearon inicialmente, pues aparte de los objetivos citados más arriba también ha de reducir la dependencia del petróleo y las importaciones de gas, crear puestos de trabajo, potenciar regiones estructuralmente desfavorecidas, lograr una mayor eficiencia en el uso de la energía y contribuir a una modernización respetuosa con el medioambiente, amén de muchos otros deseos. No es difícil percibir que entre este amplio abanico de expectativas aparezcan conflictos de intereses, siendo a menudo difícil identificarlos y comprender cuáles son sus motivaciones.

Hay algunos planteamientos aislados que van más incluso más lejos. Hermann Scheer, uno de los pioneros de la transición energética, la contemplaba como el «cambio estructural más amplio desde el inicio de la era de la industrialización». La transición energética es de «transcendencia para la historia de las civilizaciones» y debe cambiar de forma fundamental nuestro modo de vida y nuestras formas de producción (Scheer: 2010, 23, 28). Es cierto que son pocos los que van tan lejos, pero incluso quien no comparta las metas planteadas por Scheer ha de tener presente que la transición energética significa mucho más que simplemente construir generadores eólicos e instalaciones fotovoltaicas. El objetivo es llegar a modificar completamente el sistema energético actual, para lo que son necesarios un enorme esfuerzo y una gran perseverancia. Esa es la razón por la que el gobierno federal alemán habla de un tarea en la que habrán de trabajar varias generaciones. Entiende que es un proceso cuyos objetivos están definidos de forma general y cuyos pasos concretos han de ir decidiéndose según se avanza y corrigiéndose de ser necesario. Y recordemos que todo empezó de forma modesta, pues en sus inicios la transición energética actual no pretendía en principio más que ampliar el porcentaje de generación a partir de energías renovables, cuya importancia había ido decreciendo de forma continuada desde la revolución industrial.

Figura 1  
**Evolución de la generación de electricidad a partir de energías renovables en Alemania, 1990-2012**  
 Miles de millones de kilovatios hora (en paréntesis: porcentaje respecto al consumo total de energía)



### 3.2 LA LEY ALEMANA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES: PROLEGÓMENOS Y ELABORACIÓN

En 1990, la energía eléctrica generada a partir de energías renovables era apenas el 3,1% del total (véase figura 1), lo que equivalía a 17 100 millones de kilovatios hora. En 2012, esa cantidad había aumentado en un 800%, alcanzando los 136 100 millones de kilovatios hora. Durante los años 90, la mayor parte de esa energía provenía de centrales hidroeléctricas, mientras que la electricidad obtenida a partir del sol o del viento apenas tenía relevancia debido a sus elevados costes de generación. Y sin embargo, los molinos han venido utilizándose desde hace mucho tiempo. En 1895 había en Alemania 18 000, que fueron desapareciendo a medida que se iban sustituyendo por un lado por pequeños motores y por otro por la llegada de las redes de distribución eléctrica. Sin embargo, en los años 30 del siglo pasado, la energía eólica pareció revivir.

Hermann Honeff, inventor y pionero de este campo de la energía, quería construir enormes generadores en elevación para producir electricidad barata (Heymann: 1990, capítulo 6). Los generadores alcanzarían una altura de 430 metros y estarían equipados con turbinas de entre 60 y 160 metros de diámetro, mayores que la propia torre de televisión de Berlín con sus 150 metros. Honeff consideraban que tales dimensiones eran necesarias para poder aprovechar el viento en altura y, así, poder generar electricidad. Suponía que los costes serían tan reducidos que permitirían incluso que los agricultores calefactasen las tierras y tuviesen así tres o cuatro cosechas al año. Desde la perspectiva actual estas ideas pueden parecer fantasías, pero lo cierto es que en su momento recibieron mucho apoyo hasta que estudios más detallados mostraron que, efectivamente, sus planes eran irreales. El cálculo de estruc-

turas de torres tan altas planteaba problemas irresolubles, y el coste de su construcción y explotación eran demasiado elevados.

Por lo tanto, la única opción competitiva era la de las centrales hidroeléctricas, que sin embargo no contaban con la simpatía de los defensores del medioambiente por causa del impacto que tienen los embalses en el entorno, un argumento que sigue teniendo peso hoy en día cuando se habla de centrales hidroeléctricas reversibles. La contribución del sector hidroeléctrico, por estas razones, fue reducida, si bien en 1990 consiguió a pesar de todo alcanzar el 3% de la electricidad generada. Por su parte, el resto de opciones renovables se quedaron en modestas iniciativas debido no solamente a la o elevado de sus costes, sino también a la actitud de las grandes empresas energéticas, que no tenían interés ninguno en participar en el sector y que además se resistían a aceptar la electricidad generada a partir de fuentes renovables.

Este obstáculo se consiguió superar en 1991 con la ley de que regula el vertido de la electricidad generada a la red de transporte y distribución (Stromeinspeisegesetz), que aportaba dos novedades.

A partir de ese momento las empresas distribuidoras estaban obligadas, por un lado, a aceptar la electricidad generada a partir de fuentes renovables y por otro, tenían además que pagar por ella un precio mínimo garantizado. Esto benefició a las plantas eólicas y las centrales hidroeléctricas, así como a las de biomasa, que estaban entonces en condiciones de producir electricidad comparativamente barata. En el caso de las plantas fotovoltaicas, por lo contrario, los costes de generación seguían siendo altos, lo que las condenaba a una existencia marginal y hacía que su contribución a la generación total fuese creciendo con lentitud.

### 3.3 ABANDONO DE LA ENERGÍA ATÓMICA, FASES I Y II

Esta situación cambió con la victoria electoral de la coalición de socialdemócratas y verdes en 1998, que consideraba la transición energética como una tarea fundamental a la que asociaba, en particular, dos objetivos: el abandono de la energía atómica y la ampliación de la implantación de las energías renovables. Para ello, el nuevo gobierno aprobó en el año 2000 la ley de las energías renovables (EEG según sus iniciales en alemán), que se aplicaba a la electricidad generada por plantas eólicas, fotovoltaicas, de biomasa, por geotermia o en centrales hidroeléctricas. En un principio no parecía aportar grandes novedades, pues recogía las figuras de la aceptación de la electricidad generada y de los precios mínimos garantizados. Lo novedoso era que tales precios garantizados eran claramente superiores a los anteriores, especialmente en el caso de las instalaciones solares. Además, tenían una vigencia de 20 años y, por ello, aseguraban ingresos a largo plazo, lo que permitió que las energías renovables recibieran un renovado y muy esperado impulso.

Simultáneamente, el gobierno llegó a un acuerdo con las empresas del sector energético que posibilitase el abandono de la energía atómica y enmendó en 2002 la ley que la regula, limitando el total de electricidad generada en centrales nucleares al tiempo que limitaba su vida operativa a 2021, año en que habría de cerrar la última central. Con ello se satisfacían las exigencias de los Verdes y de muchos grupos de defensores del medioambiente, si bien solo fue posible porque el SPD compartía tales objetivos y garantizó que se alcanzaría la mayoría necesaria. Las cosas cambiarían sin embargo con la victoria de una coalición entre CDU/CSU y el FDP en las elecciones de 2009. El gobierno resultante mantuvo el objetivo del abandono de la energía atómica, cierto es, pero alargó el plazo máximo de explotación de las centrales nucleares. Esta medida desató airadas protestas por parte de los ciudadanos, mientras que el SPD, los Verdes, el partido Die Linke y nueve estados federados anunciaron que llevarían el caso al tribunal constitucional. Algo que finalmente no fue necesario, pues la situación cambió de la noche a la mañana cuando el 11 de marzo de 2011 aconteció en Fukushima, Japón, una tragedia de gravedad similar a la que ocurrió 25 años antes en Chernóbil.

A consecuencia de un maremoto y del tsunami que este desencadenó, el núcleo de la central se fundió. Las medidas de seguridad resultaron ser insuficientes y de la central escaparon grandes cantidades de material radioactivo que llegaron al mar y amenazaron con extenderse por todo el planeta.

El miedo se expandió por doquier, ya que la conjunción del maremoto y el tsunami podía causar la explosión de un reactor, como fue el caso de Chernóbil. Por suerte, esto último no aconteció.

El número de víctimas fue considerablemente menor, si bien aún no se puede decir nada a ciencia cierta sobre los efectos a largo plazo.

Según investigadores americanos, el número de muertes presuntamente atribuibles al cáncer se sitúa entre 15 y 1 300 (Süddeutsche Zeitung: 2012).

Lo que sí se conoce es el número de muertos por causa del tsunami, de consecuencias devastadoras y que se cobró aproximadamente 16 000 vidas, un dato que la prensa ale-

mana mencionó con mucha menos frecuencia. En cualquier caso, la catástrofe causó una profunda conmoción. El gobierno federal alemán, y en particular la canciller Ángela Merkel, reaccionó: se anunció una moratoria para la energía atómica acompañada por una revisión de la seguridad de todas las centrales nucleares. De ellas, las siete más antiguas fueron puestas fuera de servicio inmediatamente por un período de tres meses. A continuación, el gobierno aprobó una nueva ley para la energía atómica en la que derogaba las ampliaciones de vida operativa de las centrales que se habían concedido poco antes. La licencia de explotación de 8 de las 17 centrales nucleares expiró poco después, mientras que el resto serían desmanteladas a más tardar en 2022 de acuerdo con un calendario predeterminado. La ley recordaba a la normativa elaborada en 2002 por la coalición de socialdemócratas y verdes, si bien intervenía con mayor profundidad en el sector energético, establecía con más detalle el proceso de abandono de la energía nuclear y determinaba el plazo para su conclusión: el año 2022. En contra de lo hecho por la coalición de socialdemócratas y verdes, dicho proceso no fue acordado con las operadoras de las centrales nucleares.

De esta forma se alcanzó uno de los objetivos de la transición energética, es decir, el abandono de la energía atómica. De forma paralela, la ampliación de la implantación de las energías renovables avanzaba a grandes pasos. El gobierno conservador-liberal siguió apoyándola. En 2013, las renovables cubrieron el 25,3% del consumo de electricidad en Alemania, más de cuatro veces el porcentaje del momento en que se aprobó la ley EEG. Con ello, se evitó la emisión de 145,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (BMW: 2014a, 32). El Ministerio Federal Alemán del Medioambiente, las empresas implicadas, los grupos de defensa del medio ambiente y los partidos políticos aprecian positivamente esta ley y la consideran como la herramienta que más éxito ha tenido en todo el mundo a la hora de promover el uso de las energías renovables y conducir a una transición energética. Hay buenas razones para ello, como muestra la figura 1. La ley goza igualmente de la aprobación de la población: en una encuesta realizada en 2014, un 90% de los encuestados valoraban como „importante“ o „muy importante“ reforzar la implantación de las energías renovables (AEE: 2014). Y en el resto del mundo varios países desean aprobar leyes similares o ya lo han hecho, especialmente porque el precio de la electricidad generada a partir de renovables se ha ido abaratando, o al menos así ha sido en las bolsas, donde tal precio puede llegar a ser más barato que el de la proveniente de centrales convencionales, lo cual muestra que se va por el camino correcto.

Esta afirmación, en principio, es correcta, pero la situación real es mucho más compleja. Basta con examinar el precio en bolsa, ridículamente bajo, que es consecuencia de la aplicación de la ley EEG y que causa muchos problemas a todo el mercado energético. Igualmente, hay otros aspectos que no se habían previsto y que no causaron problemas en tanto en cuanto las energías renovables no tuvieron un peso de importancia, pero que se hicieron notar desde el momento en que la cantidad de electricidad, calor, gases o gasolina que se producen a partir de ellas alcanzó valores considerables y que obligan a aclarar múltiples cuestiones. ¿Cuáles son las fuentes de energía renovable más adecuadas para Alemania y que merecen un apoyo prioritario: la solar, la eólica, la hidroeléctrica,

Figura 2  
Situación actual y objetivos de la transición energética

Categoría	2010	2012	2020	2030	2040	2050
<b>Emisiones de gases de efecto invernadero</b>						
Emisiones de gases de efecto invernadero (respecto a 1990)	-25,6 %	-24,7 %	al menos -40,0 %	al menos -55,0 %	al menos -70,0 %	al menos -80,0 hasta -95,0 %
<b>Energías renovables</b>						
Aportación al consumo bruto de electricidad	20,4 %	23,6 %	al menos 35,0 %	al menos 50,0 % (2025: 40,0-45,0 %)	al menos 65,0 % (2035: 55,0-60,0 %)	al menos 80,0 %
Aportación al consumo final bruto de energía	11,5 %	12,4 %	18,0 %	30,0 %	45,0 %	60,0 %
<b>Eficiencia</b>						
Consumo de energía primaria (respecto a 2008)	-5,4 %	-4,3 %	-20,0 %		-50,0 %	
Consumo bruto de electricidad (respecto a 2008)	-1,8 %	-1,9 %	-10,0 %		-25,0 %	
Porcentaje de generación de electricidad por cogeneración	17,0 %	17,3 %	25,0 %			
Productividad energética	17,0 % por año (2008-2011)	1,1 % por año (2008-2011)	2,1 % por año (2008-2011)			
<b>Parque inmobiliario</b>						
Consumo de energía primaria	-	-	-		aproximadamente -80,0 %	
Consumo de energía térmica	-	-	-20,0 %	-	-	-
Porcentaje de renovaciones	alrededor de 1,0 %	alrededor de 1,0 %		se duplica a 2 por año		
<b>Sector del transporte</b>						
Consumo de energía para uso final (respecto a 2005)	-0,7 %	-0,6 %	-10,0 %		aproximadamente -40,0 %	
Número de vehículos eléctricos	6.547	10.078	1 millones	6 millones		

Fuente: BMWi: 2014c, 11

la geotérmica o la biomasa? ¿Deben dedicarse a generar electricidad y calor o se tiene que producir también gas y gasolina? ¿Ha de realizarse el suministro con fuentes propias descentralizadas o se necesita la existencia de un sistema interconectado a nivel nacional o incluso a nivel europeo? ¿Por cuanto tiempo se ha de seguir explotando las centrales térmicas de hulla y lignito? ¿Ha de seguir siendo prioridad la ampliación de la implantación de las renovables o tendría más sentido buscar una mayor eficiencia en el uso de la energía y procurar un mejor aislamiento térmico?

Esta es solo una lista de algunas de las cuestiones que necesariamente van surgiendo cuando se produce un cambio fundamental del sistema energético. Al mismo tiempo se disponen de posibles soluciones de gran efectividad que además se han ido mejorando a lo largo de los años. Sin embargo, seguimos enfrentándonos a problemas que ya estaban presentes antes de la revolución industrial y que vuelven a surgir, como son, por un lado, el efecto que tienen las fluctuaciones meteorológicas y estacionales en el rendimiento de las energías renovables, lo que supone un punto flaco del sistema energético. Y por otro, la dificultad de almacenar la energía. Ambos factores tienen importantes consecuencias, entre las que se encuentra, siendo de particular importancia, su efecto en la garantía de aprovisionamiento y suministro.

### 3.4 APLICACIÓN DE LA LEY EEG

#### 3.4.1 GARANTÍA DE APROVISIONAMIENTO Y SUMINISTRO

##### Carbón, petróleo y gas

Tras el apogeo del carbón primero y del petróleo después, se hacía presente de forma repetida la inquietud de que sus reservas fuesen a agotarse en breve. A partir de los años setenta del siglo pasado se multiplicaron los temores tras la publicación del informe del Club de Roma. Fue también el momento en que el canciller federal Helmut Schmidt alertó de una inminente escasez de energía, estimación que compartieron el instituto Freiburger Öko-Institut y muchos otros expertos. Este factor también desempeña un papel importante en la transición energética actual, hasta el punto de que el gobierno federal alemán cita como motivación fundamental de la transición, y que la hace imprescindible, el hecho de que las reservas de petróleo y gas son finitas, así como la situación dependencia de las importaciones de energía.

Aquellas preocupaciones lo mismo que estas son justificadas. Es verdad que llegará el momento en que se acaben las reservas, pero esa constatación no soluciona gran cosa, sino que es más bien necesario determinar el momento en que en la práctica tales reservas escaseen y se encarezcan. Algo que es claramente difícil, a juzgar por el decurso de los últimos eventos. En el año 2000, momento en que se aprobó la ley EEG, aumentaban notablemente tanto el consumo mun-

Figura 3

**Evolución de los precios del petróleo, 2002-2014**  
Precio medio mensual del barril Brent en dólares USA

Fuente: Bundeszentrale für politische Bildung: 2015

dial de energía como los precios del petróleo y del gas. Todo el mundo contaba con que siguiese esa tendencia, con lo que parecía necesario que hubiese un cambio a las energías renovables para garantizar el aprovisionamiento energético. Además, el alza continuada de los precios de los combustibles de origen fósil hizo que sus alternativas renovables fuesen competitivas e incluso más baratas. Esa era la situación en un principio, pero desde 2011 el precio del petróleo apenas ha subido, llegando recientemente a entrar en claro descenso (véase figura 3). Lo mismo ha pasado con el carbón. Los precios no permanecerán en esos niveles, pero es difícil decir cuándo volverán a subir y en qué medida.

Políticos de todo el mundo acogen positivamente la caída de los precios de la energía y esperan que con ello llegue un mayor crecimiento económico. Por contra, las emisiones provenientes del uso de estos combustibles de origen fósil puede tener consecuencias poco deseables, lo cual muestra que el verdadero problema no es su escasez sino más bien lo contrario. En estos momentos están disponibles en gran cantidad y a precios bajos, con lo que por el momento no solo queda garantizado su suministro, sino que también aumentará su consumo en todo el mundo y, con ello, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida. En pocos años, la situación ha cambiado de forma radical. Mientras que hasta hace poco lo que preocupaba es que los combustibles de origen sólido se agotasen, ahora lo importante es no utilizar las copiosas reservas de carbón, petróleo y gas para no generar gases de efecto invernadero. Por ello, es necesario el uso de las energías renovables, que, en principio, podrían ofrecer un suministro seguro, pero tienen el serio problema de que su aprovechamiento depende de las inevitables fluctuaciones meteorológicas y estacionales. Las sociedades preindustriales poco podían hacer frente a ellas. A día de hoy se dispone de soluciones considerablemente mejores que, sin embargo, son muy costosas.

**Fluctuaciones y almacenamiento**

Las energías renovables dependen de la presencia de viento y de radiación solar, que por su naturaleza están sujetas a fluc-

tuaciones de magnitud considerable. En función de la intensidad y duración del viento y de la irradiación se generan cantidades variables de electricidad. Además, su disponibilidad es intermitente. En 2013, las instalaciones solares tuvieron un tiempo medio de explotación de 867 horas (que corresponde a un 10%). Mejor fue el valor de las instalaciones eólicas en tierra firme, que se situó en el 18% y que en el estado federado de Schleswig-Holstein, donde hay mucho viento, alcanzó el 22% (BDEW: 2015, 25f.). Constatar que la potencia instalada en las instalaciones eólicas o en las plantas fotovoltaicas es superior a la de las centrales nucleares es una buena noticia. Sin embargo, da lugar a equívoco, pues del total de la potencia instalada, que en principio se supone disponible, solo se puede sacar partido una porción reducida. En alta mar, el aprovechamiento de los generadores eólicos puede llegar al 50%. Esto facilitaría la continuidad del suministro, por lo que se ha previsto ampliar la capacidad de generación con este tipo de instalaciones. Lo cierto es que también aquí hay problemas técnicos considerables y mayores costes, lo que hace que en estos momentos los parques eólicos en altamar solo contribuyan con un 1% al conjunto del suministro eléctrico (BDEW: 2014, 11) y solo conseguirán tener más peso de una forma paulatina.

Por otro lado, la propia naturaleza contribuye a compensar las fluctuaciones en la generación: las instalaciones fotovoltaicas alcanzan el rendimiento máximo en verano y en las horas del mediodía, momento precisamente de mayor demanda, mientras que en invierno, cuando las fotovoltaicas quedan a menudo inactivas, son las plantas eólicas las que toman el relevo, pues el viento es más fuerte en esa época.

Otro factor es la distribución geográfica, pues para un mismo momento en el tiempo hay condiciones de viento e irradiación distintas en diferentes lugares, lo cual contribuye también a compensar la fluctuación en la generación, aunque su utilidad para garantizar la seguridad en el suministro es limitada. En 2012, en los días favorables se generaron 22121 megavatios de electricidad a partir de energía eólica y solar, mientras que en los desfavorables solo llegó al 5% de esa cifra (Monopolkommission: 2013, 185). Como apoyo se podría

importar energía de otros países en los que las características del viento y de la irradiación solar sean especialmente estables. El plan Desertec era, en este respecto, muy ambicioso, pues preveía transportar hasta Europa energía solar generada en Marruecos. Sin embargo, los problemas ligados a su realización eran numerosos y de diferente naturaleza (técnica, económica y política) e hicieron que se pospusiese a un futuro lejano. A pesar de estos contratiempos, sigue siendo necesario que haya una cooperación a nivel europeo para que la transición energética tenga éxito (véase el capítulo 3.5).

De ser posible almacenar la electricidad y el calor no habría que reflexionar tanto y considerar tantas opciones. Por lo que respecta a la energía térmica, es verdad que existen ciertas posibilidades que, sin embargo, son limitadas, suponen un coste considerable y conllevan pérdidas de energía que, por otro lado, caracterizan cualquier transformación de un tipo de energía en otro, proceso imprescindible para el almacenamiento de la misma. La situación es especialmente desfavorable en el caso de la electricidad, ya que en su caso las opciones de almacenamiento son menos eficientes, cuestan más y conllevan pérdidas mayores, de modo que solo es posible almacenar la electricidad generada en pequeñas cantidades y por períodos de tiempo cortos. Se habla mucho de las centrales hidroeléctricas reversibles, que disponen de una función con opción de bombeo para almacenar energía en forma de agua embalsada, que permiten liberarla cuando haya necesidad y generar electricidad. Lo cierto que es que suponen un impacto considerable en el medio natural en que se construyen para, a fin de cuentas, ofrecer una potencia limitada y vaciarse al cabo de pocas horas. Con estas centrales se podrían solventar puntualmente picos de demanda pero no se pueden considerar como opción para garantizar un suministro continuado.

Dada la importancia capital que tiene el disponer de modo efectivos de almacenamiento de energía, se ensayan diferentes posibilidades, incluidas algunas de carácter casi fantástico. Una de ellas es aprovechar las galerías de minas en desuso que en algunos casos se encuentran a más de 1 000 metros de profundidad. La idea es aprovechar la diferencia de altura instalando embalses en la superficie que muevan turbinas situadas en esas profundidades y generar así electricidad. Los problemas técnicos para su realización son, sin embargo, considerables, amén del coste que supone esta idea. En un estadio más avanzado se encuentra el desarrollo de baterías de gran capacidad y rendimiento, como las que mueven algunos automóviles en la actualidad, si bien aún sigue siendo difícil producir baterías asequibles con la potencia necesaria. Cuando por fin estén disponibles, se abrirá la puerta a nuevas posibilidades. Los vehículos, de cualquier tipo, no se encuentran en funcionamiento la mayor parte del tiempo, y eso será así también para los eléctricos, que en esos momentos podrán interconectar sus baterías para establecer así una especie de acumulador de enorme capacidad.

Otros proyectos se basan en el intento de transformar electricidad en energía térmica. Puede que en algún momento estas y otras iniciativas puedan ofrecer una solución viable, pero por el momento no se ve en el horizonte ni baterías ni otros dispositivos que puedan almacenar un volumen de energía que pudiera garantizar el suministro regular de electricidad. Una vez dicho esto, sí que hay una fuente de

energía renovable que no solo no está expuesta a fluctuaciones sino que, lo mismo que el carbón o el gas, supone una forma natural de almacenamiento de energía y se presta precisamente para compensar fluctuaciones: la biomasa.

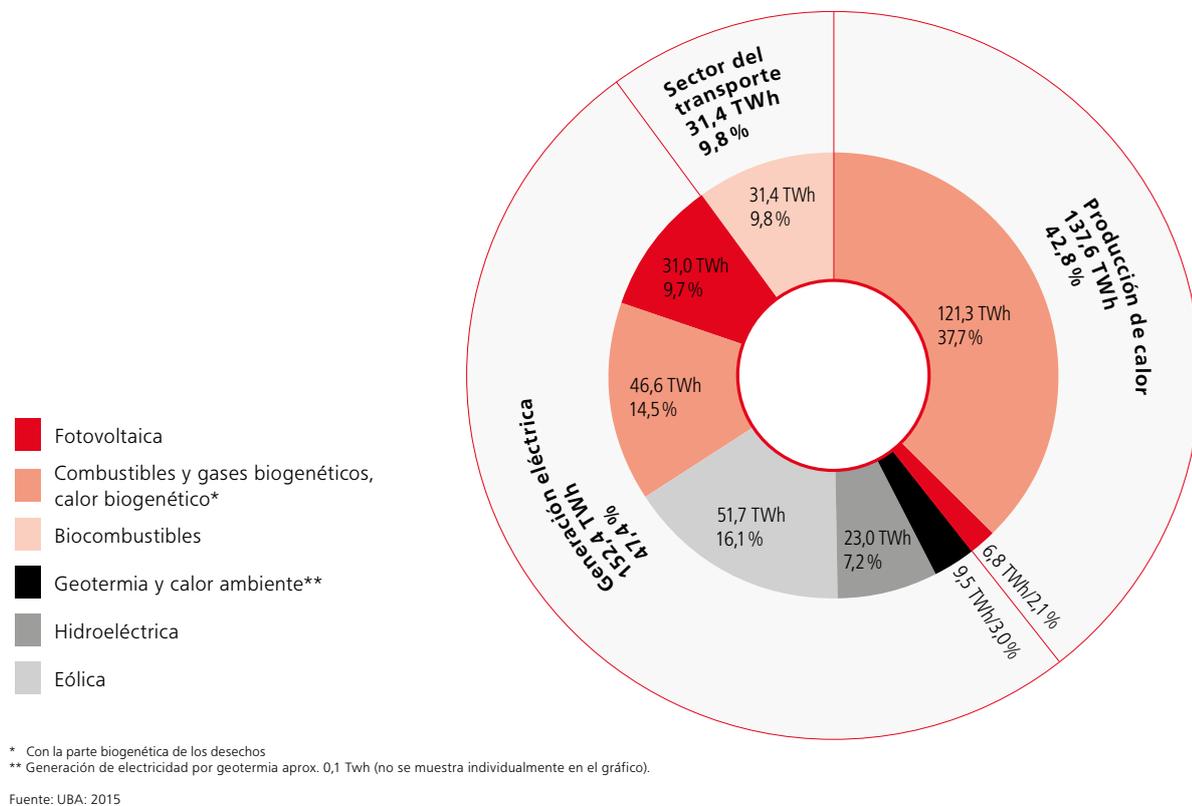
## Biomasa

La biomasa está compuesta por diferentes materiales orgánicos, entre los que se encuentran las deyecciones de los animales y una gran variedad de otros desechos. Las ganadería industrial genera grandes cantidades en forma de estiércol líquido, cuyo uso como energía renovable soluciona al mismo tiempo un grave problema para el medioambiente. A ello se suma otros desechos de la agricultura o los mataderos, basura combustible y orgánica proveniente de los hogares y de la industria, así como gases generados en fosas sépticas o basureros, si bien en el caso de estos últimos, en rigor, no se puede decir que sean energías renovables. Aparte de ello, las diferentes variantes que constituyen la biomasa se caracterizan por almacenar energía en su estructura propia y permitir recurrir a ella cuando se necesite.

Esa es la razón por la que se ha decidido no solo aprovechar los desechos, sino cultivar biomasa para estos usos. Ya es el caso, y desde tiempos inmemoriales, de la madera, que en la actualidad continúa una trayectoria notable como combustible para calefacción bajo la forma de pélets. Sin embargo, los árboles, como es sabido, crecen lentamente, de modo que suponen más bien una perspectiva a largo plazo. A diferencia de la madera, el maíz permite un uso a corto plazo. Como reserva de energía es particularmente bueno y se ha cultivado cada vez más en los últimos años, algo a lo que han contribuido las elevadas subvenciones recibidas, ya que el maíz y la biomasa en general se prestan de forma óptima para la transición energética. Vuelven a crecer cada año, con lo que representan literalmente el concepto de recurso renovable, y no solo sirven para obtener calor y electricidad, sino también como base para la producción de gas, gasolina y muchas otras materias primas.

Por estas razones, la biomasa experimentó un impulso notable en los últimos años. En 2013, algo más del 60 % de la energía renovable provino de la biomasa. Le siguieron a gran distancia la energía eólica (16,1%), la fotovoltaica (9,7%) y la hidroeléctrica (7,2%), mientras que el resto de fuentes aportaron una cantidad insignificante (véase figura 4). La evolución en el aprovechamiento de la biomasa es, por tanto, un ejemplo impresionante del éxito que es posible conseguir. Además, no sirve únicamente para compensar fluctuaciones. Al ser empleada sobre todo en instalaciones de pequeña y mediana envergadura, la biomasa puede aportar una contribución importante a un suministro energético descentralizado y a dar variedad a la composición de fuentes de energía en el conjunto del suministro a nivel regional o local. Un buen ejemplo de ello son las centrales de cogeneración, que producen simultáneamente electricidad y calor, y que se caracterizan por tener un alto rendimiento y por estar dimensionadas para generar cantidades pequeñas de electricidad y calor. A pesar de todas estas posibilidades, seguir aumentando el uso de la biomasa es problemático, pues causa costes elevados y supone una fuerte competencia con la producción agroalimentaria por requerir grandes superficies para su cultivo. En Europa,

Figura 4  
Suministro de energía para uso final proveniente de fuentes renovables, 2013



donde el suministro es bueno, esa competencia no es especialmente preocupante. Por contra, en los países del así llamado tercer mundo, el suministro de alimentos se ve perjudicado cuando se dedican grandes superficies, que a menudo son ricas en diversidad de especies, al cultivo de plantas para la producción energética. Esta situación también se ha dado en Europa, si bien en una forma diferente. Puesto que el maíz es la planta más adecuada, se dedicaron amplios terrenos a su monocultivo, que requiere grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, lo que a su vez supone un perjuicio para la tierra y las aguas freáticas, y una amenaza para la biodiversidad. Por esta razón se redujo el fomento para la biomasa al tiempo que se buscaban nuevas vías para solventar los problemas ligados a ella, como pueden ser limitarse a usar desechos, restringir el cultivo de plantas para producción de energía o que, en el caso de que se haga, se apliquen criterios ecológicos. Hay que mencionar también iniciativas de importancia no menor como el uso de algas o bacterias, que no suponen ninguna competencia a la producción agroalimentaria.

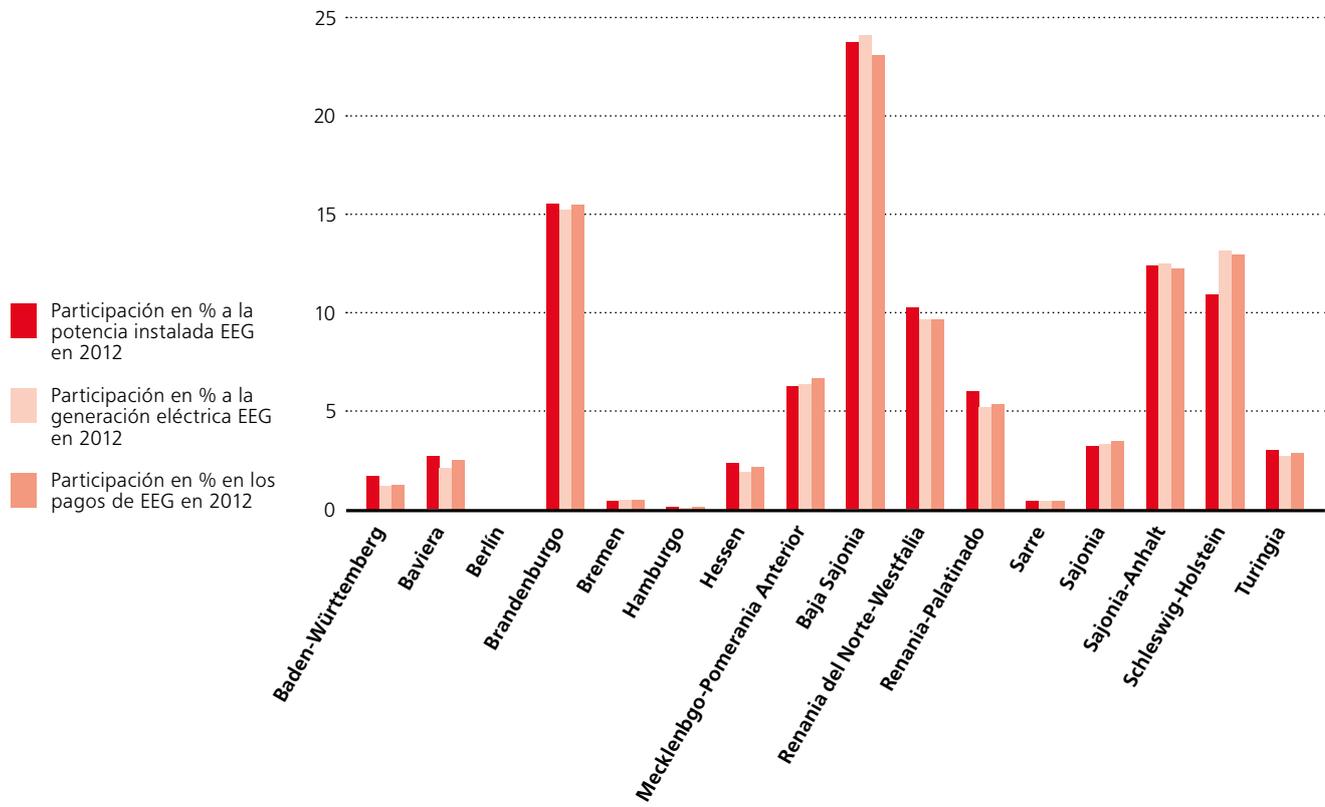
Estas opciones pueden ofrecer un potencial considerable a largo plazo, pero es necesario encontrar para el momento presente más alternativas que permitan compensar las fluctuaciones. Las redes eléctricas de alto rendimiento son una de ellas y tienen una importancia capital, pues han de servir para interconectar áreas geográficas diferentes y transportar la electricidad de aquellas en las que se dispone de mucha irradiación solar, viento o recursos hídricos a otras en que no sea así y de este modo conseguir esa compensación tan necesaria.

## Redes

El suministro de energía se articula a partir de tres tipos de centrales, cada una de ellas aptas para cubrir respectivamente el consumo básico constante, el medio y los períodos punta. Para el primero, es decir, el consumo permanente, se cuenta con las centrales térmicas de lignito y las nucleares, que, teniendo en cuenta parámetros económicos, producen electricidad especialmente barata. La contrapartida es que reaccionan con gran lentitud a cualquier fluctuación en la demanda. Esto determina que no se les confíe esa tarea, eligiéndose para ello las centrales de rendimiento medio que entran en funcionamiento cuando hay una demanda alta. Funcionan con hulla o emplean tecnología de ciclo combinado, y su tiempo de reacción es más corto. En esta categoría entran también las centrales hidroeléctricas. Para cubrir picos de demanda a muy corto plazo se dispone de centrales térmicas de gas, que pueden reaccionar con rapidez, si bien con elevados costes.

Todas estas centrales están interconectadas unas con otras a través de redes que no necesitan ser muy extensas, pues son convencionales y emplean la energía que contiene el carbón, el petróleo o el gas. Dicho de una manera simple, los combustibles de origen fósil vienen a ser acumuladores de energía, almacenada a lo largo de millones de años y disponible para su uso con inmediatez. Puesto que además estos combustibles son de fácil transporte pueden instalarse las centrales allí donde se vaya a consumir la energía que generan. Cierto es que puede haber discrepancia entre oferta y

Figura 5  
**Energía eólica continental: distribución regional de la potencia, la generación eléctrica y las retribuciones, 2012**  
 Participación en tanto por ciento



Fuente: BDEW: 2014, 80

demanda, que una u otra central pueda sufrir una interrupción de funcionamiento o que surjan emergencias, pero lo normal es que las grandes fluctuaciones sean más bien una excepción, aparte de que cuando aparecen es fácil gestionarlas, puesto que en siempre hay en las cercanías centrales que pueden entrar a funcionar y compensarlas.

Esto es más complicado con las energías renovables, ya que las instalaciones de generación no se pueden construir allí donde se encuentra la demanda, sino en lugares en los que hay suficiente irradiación solar y donde se den vientos suficientemente fuertes. Dicho de otra forma y hablando en términos geográficos, en el caso de las renovables es difícil que coincidan el lugar de generación y el lugar de consumo. Debido al importante papel que tiene la energía eólica, su implantación se da sobre todo en el norte y en el este de Alemania, mientras que los centros industriales se encuentran en el oeste y en el sur, hasta donde hay que transportar la electricidad producida (véase figura 5).

En principio sería concebible localizar la actividad industrial que consume gran cantidad de energía en las zonas donde es más fácil generar energía de forma fiable a partir de fuentes renovables, como era el caso en en la era preindustrial. En el norte de Alemania, donde reinan fuertes vientos, se dan condiciones especialmente propicias, de modo que el desarrollo de las renovables será bienvenido por aquellas regiones menos desarrolladas estructuralmente. Desarrollo que sin embargo se haría a costa de los estados federados del sur y que crearía

considerables problemas, de modo que una relocalización de centros de producción podrían ser considerados como mucho desde un punto de vista teórico. En la transición energética por el contrario existe el consenso de que hay que llevar la electricidad allí adonde se necesite y que se ofrezca a precios comparables en todo el país. La consecuencia lógica es que son necesarias redes de distribución eléctrica con la correspondiente capacidad.

Esto se traduce no solo en conductores de gran longitud y un número suficiente de postes, sino también en la aplicación de sistemas inteligentes de gestión de la información (lo que en inglés se denomina smart grids), que no solo sirven para determinar la demanda y la oferta y configurar en función de ellas la distribución de electricidad en función de ello, sino que además han de controlar el consumo, por ejemplo, activar procesos de alto consumo energético solo cuando se disponga de superávit de generación de energía (gestión de la demanda de electricidad). Este principio se puede aplicar tanto a las lavadoras o los lavavajillas que funcionan por la noche o en fin de semana y a almacenes refrigerados que con un aislamiento térmico adecuado pueden pasar fases sin alimentación eléctrica, como a grandes plantas productoras de aluminio, que consumen cantidades enormes de energía y que habrían de entrar en funcionamiento cuando hubiese suficiente electricidad disponible.

En esencia, de lo que se trata es de ir flexibilizando lo que hasta ahora era un planteamiento esencial sistema energético:

que la energía esté disponible allí donde se la necesita. Si bien ha de mantenerse por el momento, ha de completarse con esfuerzos para adaptar la demanda a la oferta, algo que recuerra a la situación previa a la industrialización, en la que se requerían adaptaciones que se realizaron de forma forzosa. En la actualidad disponemos, por contra, de sistemas de gran capacidad y rendimiento que ofrecen múltiples opciones para realizar compensaciones y reducir la necesidad de almacenar la energía gracias al control de la demanda. Hay espacio para dar rienda suelta a la imaginación. Pero también hay problemas que resolver, como por ejemplo el de la protección de datos privados, ya que para poder realizar un control del consumo puede resultar necesario recopilar un volumen elevado de datos, lo que podría suponer una intromisión en la esfera privada de las personas.

Otra opción sería crear mayores posibilidades de autoabastecimiento a nivel regional, local o en viviendas individuales. Lo mismo las instalaciones solares que los generadores eólicos, así como las plantas de cogeneración, están disponibles en diferentes tamaños y pueden así generar una cantidad reducida de energía, incluso para el consumo privado. Con ello llegamos a uno de las características fundamentales de la transición energética: la descentralización del suministro de energía. Con el planteamiento tradicional, dicho suministro partía de grandes centrales. En la actualidad se ven desplazadas cada vez en mayor medida por unidades más pequeñas, de las cuales una parte suministran a viviendas individuales. Es verdad que también se cuentan existen grandes instalaciones como los parques solares que ocupan grandes superficies o los enormes parques eólicos en altamar, pero ni siquiera en estos casos se llega a las magnitudes de las centrales convencionales. Por ello irá aumentando la descentralización en el suministro energético, lo que obliga a combinar diferentes métodos para obtener energía de fuentes renovables y así conseguir una mayor garantía de mantenimiento del suministro. Entre ellos se pueden citar las bombas de calor, la cogeneración, las instalaciones de biogás y los acumuladores eléctricos, todos caracterizados por tener un alto rendimiento y dimensiones pequeñas o medias, facilitando de esta forma un suministro descentralizado.

Hasta ahora solo se ha hecho un uso limitado de estas opciones, siendo adecuadas sobre todo para unidades pequeñas y medias. Por contra, en grandes ciudades y allí donde haya instalaciones industriales y otros consumidores de grandes cantidades de energía, seguirá necesitándose de grandes redes de suministro que permitan compensar las inevitables fluctuaciones. Algo que vale también para la generación energética descentralizada, pues incluso si hay sistemas ingeniosos para la obtención y el almacenamiento de energía que consigan imponerse puede ocurrir que haya períodos en que se dé una insuficiencia en el suministro, tanto más por cuanto que las posibilidades técnicas seguirán siendo limitadas en un futuro inmediato y generan gastos. Por lo tanto, y aparte de algunas excepciones, no es muy razonable plantear una competencia entre el suministro descentralizado y una red eléctrica interconectada de alcance nacional o incluso a nivel europeo. Ambas opciones deben más bien complementarse, aun cuando cabe esperar que, naturalmente, surjan conflictos acerca de la parte del total que le haya de tocar a cada una. Lo cierto es que, sin embargo, la posibilidad de un suministro

descentralizado inmune a las fluctuaciones del entorno y lo suficiente fiable como facilitar la energía demandada sin necesidad de extensas redes eléctricas seguirá siendo por el momento un caso excepcional y muy costoso.

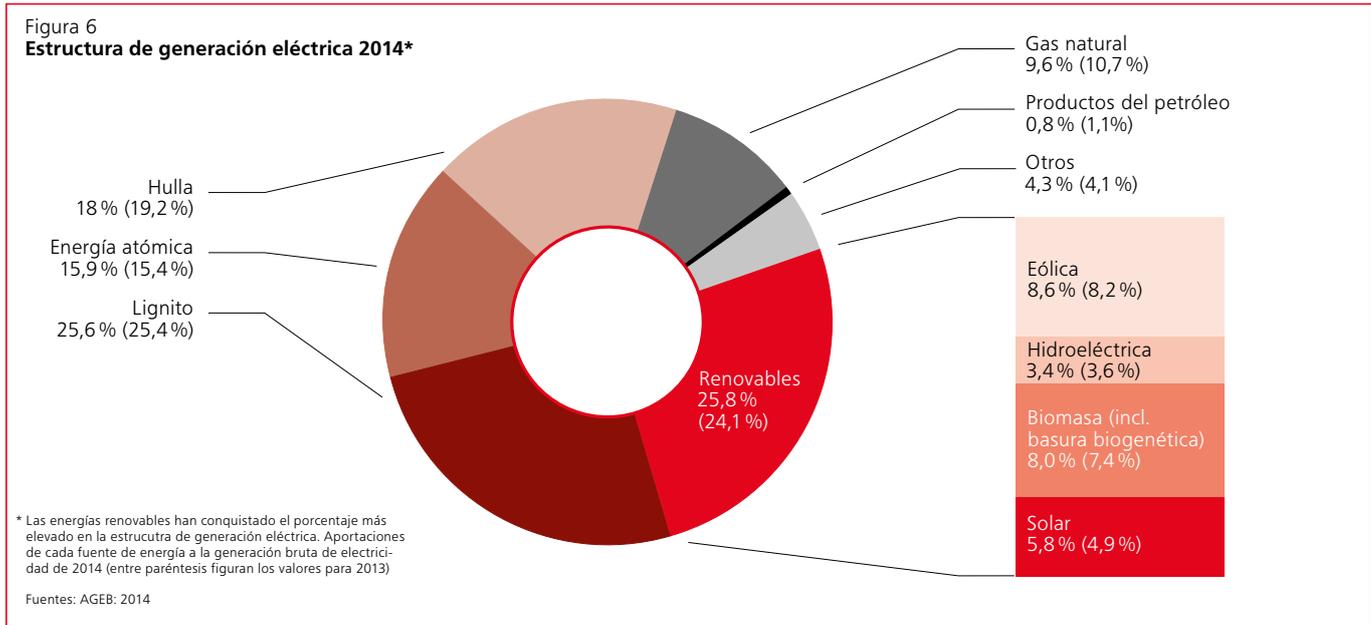
Hay consenso sobre la necesidad de un sistema extenso de interconexión, en particular por el hecho de que los parques eólicos de alto rendimiento se encuentren en el norte de Alemania mientras que en el sur dominan las instalaciones fotovoltaicas, con menos fiabilidad en la constancia de la generación. Además, en esta zona se concentran las centrales nucleares, que solo seguirán funcionando hasta 2022. Como es en los estados federados del sur donde se concentra la industria de más peso y que más energía consume, es necesario llevar la electricidad hasta ellos. La cuestión es saber en qué cantidad y determinar cuál ha de ser la envergadura de la red y el tamaño de sus torres, así como el recorrido concreto de las líneas. Según el organismo gestor de la red eléctrica alemana (Bundesnetzagentur), en los próximos años será necesario instalar 2 800 kilómetros de líneas de muy alta tensión, así como renovar 2 900 kilómetros de las ya existentes. Además, será necesario crear redes de distribución con una extensión de entre 135 000 y 193 000 kilómetros, además de modificar entre 21 000 y 25 000 de las actuales (Deutsche Energie-Agentur: 2012, 7).

Estas declaraciones han despertado polémica y han sido recibidas con protestas no solo por aquellos que no quieren tener una torre de la red eléctrica delante de su casa, sino también por quienes ven difícil estimar cuáles son las necesidades reales. En cualquier caso, serían menores si la generación descentralizada ganase más peso o si la energía se usase de forma más eficiente, lo que reduciría la demanda. Y, además, todavía queda por aclarar cual es el papel que hayan de desempeñar a largo plazo los combustibles de origen fósil, y en particular el gas.

### **Combustibles de origen fósil**

La transición energética ha tenido su mayor repercusión en la generación de electricidad, donde las fuentes renovables han llegado a cubrir un cuarto de la demanda en 2014 (véase figura 6). Al mismo tiempo, este dato no deja de revelar la importancia que siguen teniendo los combustibles de origen fósil, que en el caso de la generación eléctrica sigue suponiendo el 55%. Este porcentaje ha de bajar en los próximos años cuando se amplíen las redes y se consiga cuadrar mejor oferta y demanda, al tiempo que las renovables vayan ganando peso. Pero incluso si estas consiguiesen llegar al 80% esperado para 2050, siempre habrá una parte que no llegarán a cubrir y que será mayor o menor en función de que las condiciones meteorológicas sean más o menos desfavorables. Esto hace que se sigan necesitando centrales convencionales tanto para el suministro base como para ofrecer una reserva de seguridad.

En el futuro, las centrales convencionales deberían funcionar con gas, que genera comparativamente menos contaminación. Sin embargo, acarrear mayores costes, razón por la cual en la actualidad se ha reducido el porcentaje generado en este tipo de centrales. Incluso instalaciones muy eficientes y de bajo impacto medioambiental, como la central de Irsching, tendrán que cerrar por razones de rentabilidad económica. De

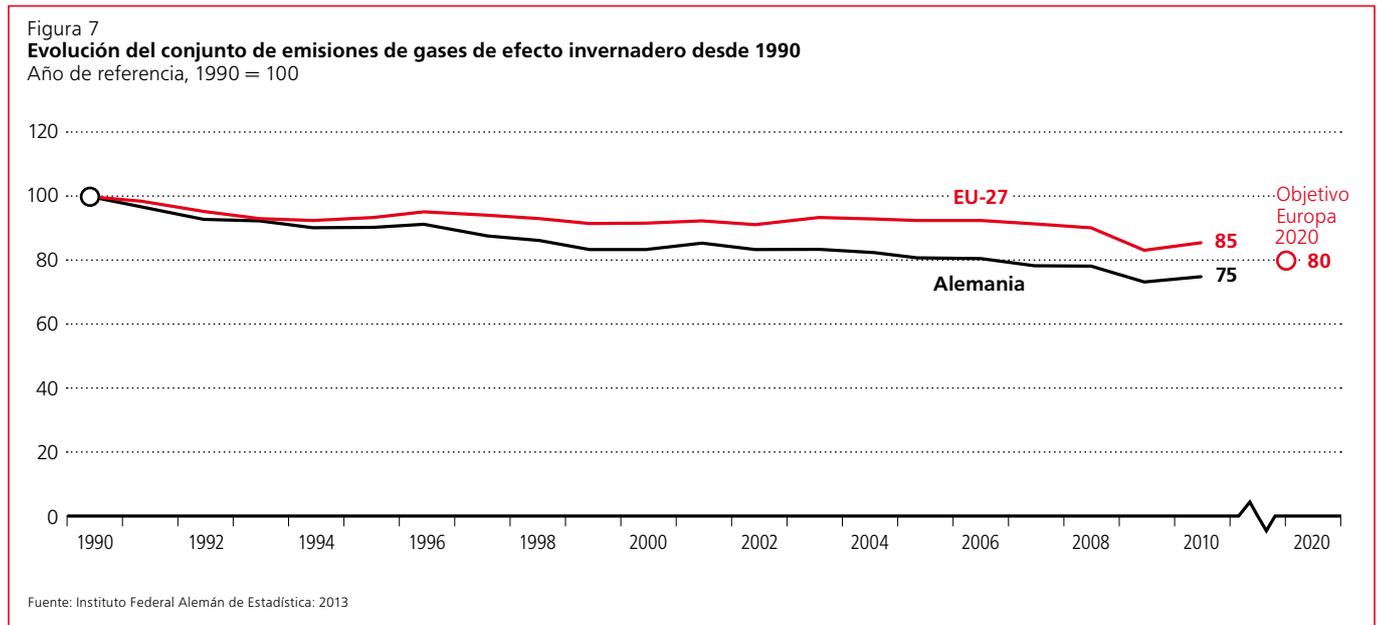


esta forma, se confía a la hulla y, sobre todo, al lignito el papel de proporcionar el suministro base. Por ello, y por haber decidido que sean ellas las que compensen la desaparición de las centrales nucleares del sur de Alemania, seguirán teniendo de momento un peso considerable en el conjunto del suministro. Las nuevas líneas de transmisión eléctrica transportarán por lo tanto no solo electricidad proveniente de fuentes renovables sino también del lignito. Los combustibles de origen fósil tendrán durante cierto tiempo una importancia aún mayor en el transporte y en la generación de calor. Es difícil encontrar sustitutos a la gasolina en el caso del transporte y al gas en el de la calefacción. En este ámbito, el gobierno financia numerosos proyectos de investigación que sondan las posibilidades de transformación de electricidad en calor o en gas, lo que permitiría prescindir de combustibles de origen fósil. El gobierno deposita grandes esperanzas en los coches que no funcionen con gasolina sino con electricidad, al tiempo que intenta mejorar el aislamiento térmico en los edificios. Ambas iniciativas suponen costes considerables, por lo que por el momento solo se han podido realizar pequeños avances. Y con esto llegamos a la cuestión de los costes, que hasta ahora no se había tocado. Lo presentado en este apartado quiere presentar posibles soluciones que ya son viables desde el punto de vista técnico o que estarán disponibles en breve. Se ha dejado de lado la cuestión de los costes, de igual forma a como se hizo en el estudio de la Oficina Federal Alemana para el Medioambiente (Umweltbundesamt) en el que se considera posible que en 2050 se genere el 100% de la electricidad a partir de fuentes renovables (UBA: 2010). Si se ha hecho así es porque el objetivo era mostrar que existen una multitud de vías para encontrar soluciones y dejar claro que en principio es posible su realización práctica. Que luego se proceda efectivamente a la misma depende solo en parte de que en principio sean realizables, pues al menos igual importancia tienen los costes que conllevan, algo que se comprueba en los acalorados debates que ha generado el incremento del precio de la electricidad en los últimos años.

### 3.5 EUROPA

La transición energética exige cooperación a nivel europeo, tanto más por cuanto que no es posible avanzar mucho en la lucha contra el cambio climático si son solo algunos países los que reducen su consumo de energía, emiten menos gases de efecto invernadero o amplían el uso de fuentes energéticas renovables. Para que haya un efecto real, es necesario que el resto de los estados europeos persigan los mismos objetivos. Además, disponer de una red interconectada a nivel europeo hace más sencillo compensar las fluctuaciones de la generación a partir de fuentes renovables y garantizar el aprovisionamiento y suministro energético. Finalmente, es necesario cooperar para conseguir que los costes correspondientes se repartan de forma justa. Si algunos estados aprietan el acelerador por su cuenta y obligan a pagar elevados costes tanto a sus ciudadanos como al sector industrial, terminarán por aparecer más tarde o más pronto situaciones conflictivas.

Por ello, 15 estados miembro de la Unión Europea decidieron ya en 1997 reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, poniendo como objetivo que en 2012 fuesen un 8% menores que las de 1990. En ese medio tiempo se aprobó en 2009 el Pacto por el Clima 20-20-20, que prevé para 2020 una reducción del 20% de las emisiones (véase figura 7) y del consumo total de energía respectivamente, así como un aumento del 20% en energías renovables. En estos momentos, es decir, en 2015, la Comisión Europea ha propuesto la Unión de la Energía, que plantea objetivos aún más ambiciosos: ha de reducir la dependencia de Europa de los combustibles de origen fósil, mejorar la garantía de aprovisionamiento y suministro, fomentar un crecimiento económico respetuoso con el medioambiente y además debe contribuir a la lucha contra el cambio climático. Además, la Comisión Europea desea que se consiga una mejor eficiencia energética, que aumente el porcentaje de uso de energías renovables y que en 2030 se hayan reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> en al menos un 40% (Comisión Europea: 2015).



Para alcanzar estos objetivos es necesario que surtan efecto toda una serie de medidas, entre las que se encuentran disposiciones legales más efectivas, una modernización del mercado energético europeo, el establecimiento de una mayor transparencia en lo tocante a costes y precios, la instalación de la infraestructura necesaria, la consecución de una mayor eficiencia energética en los edificios y un menor consumo de combustibles de origen fósil en el sector del transporte. Con ello, Europa quiere no solo mejorar la situación dentro de sus fronteras, sino también asumir un papel de liderazgo internacional tanto en política energética como en la lucha contra el cambio climático. La conciencia de ser referente en este área marcó ya los acuerdos de 1997 y el pacto contra el cambio climático de 2008. Es por otro lado justo que Europa adopte ese papel ya que se encuentra en un estado avanzado de industrialización y consume más cantidad de energía de origen fósil y genera más emisiones que países más pobres.

Cierto es por otro lado que también en Europa hay países comparativamente pobres. Bulgaria, Rumanía, Eslovaquia y otros estados van a la zaga en lo que a la economía se refiere, y por ello, en el pacto contra el cambio climático se les concedió el derecho a aumentar sus emisiones en los años subsiguientes para que pudiesen alcanzar el crecimiento económico que necesitan imperiosamente.

Como contrapartida, otros países como Alemania, Dinamarca y el Reino Unido se comprometieron a alcanzar objetivos de reducción mucho más acentuados para garantizar que se cumplieren los fijados para el conjunto de Europa. Con esto se ha establecido una base de cooperación conjunta en materia de política energética y de lucha contra el cambio climático que se ampliará aún más con la Unión de la Energía. Habrá obstáculos para ello, pues si bien es verdad que hay muchos elementos comunes, existen también intereses opuestos (Zachmann: 2015).

El caso más patente es el hecho de que cada uno de los diferentes países, a pesar de hacer declaraciones de principios, mantiene su política energética nacional. Puede entenderse

como una actitud egoísta superflua, pero tiene su motivación en el hecho de que de uno a otro reinan circunstancias muy diferentes. Mientras que, por ejemplo, Polonia obtiene un 80% de la electricidad que genera a partir de la hulla y mantiene muchos puestos de trabajo con la explotación de sus minas, en Francia son las centrales nucleares las que tienen una aportación de mucho peso en la estructura de la generación, algo que se quiere justificar recordando que la energía atómica apenas genera emisiones de CO<sub>2</sub>. Argumento del que se sirve también el Reino Unido para construir una nueva central nuclear que subvenciona el gobierno de Londres con el permiso de la Comisión Europea. La subvención causó polémica en el seno de la Comisión, según las informaciones de la prensa, y Austria anunció que presentaría una demanda en contra. Tenga éxito o no en este caso concreto, lo cierto es que no va a conseguir cambiar mucho la situación, es decir, por el momento seguirán existiendo diferencias considerables entre las políticas energéticas de los diferentes estados miembros de la Unión Europea (Kurier: 2015).

Los ejemplos son numerosos. Así, la Comisión Europea quería llevar a cabo compras conjuntas de gas, algo acogido muy favorablemente por Polonia, con el objetivo de reducir la dependencia del suministro ruso de gas. Sin embargo, en esta cuestión tan importante el gobierno federal alemán y la mayor parte del resto de estados miembro de la Unión Europea prefieren seguir negociando individualmente y aprovechar para ello relaciones ya existentes desde hace décadas. También hay dificultades en la ampliación de la implantación de las energías renovables. Si solo se tuviese en cuenta la lucha contra el cambio climático, habría que generar la energía allí donde causasen menos costes para evitar gastos innecesarios. Siendo así, la ley alemana para las energías renovables, EEG, debería ser también de aplicación para la electricidad generada en instalaciones en el sur de Europa y en los parques eólicos del norte. Sin embargo, no hay gran disposición por parte de los consumidores alemanes (y de los políticos del país) a pagar un precio mayor por ella, especialmente porque con el fomento de las energías renovables se trata no solo de luchar contra

el cambio climático, sino también de apoyar a la industria de las regiones estructuralmente débiles, crear puestos de trabajo en ellas y otras cuestiones de política estructural.

Hay otro ejemplo que ilustra con qué facilidad aparecen conflictos entre el ámbito nacional y el ámbito europeo. En Alemania, las empresas que consumen grandes cantidades de energía están parcial o totalmente exentas del pago del recargo para las renovables que estipula la ley EEG, algo que la Comisión Europea considera una infracción de la legislación contra la distorsión de la competencia, puesto que tal exención supone una ventaja para las empresas que se benefician de ella. Esta situación dio lugar a fuertes disputas que, finalmente, se resolvieron con una solución de compromiso según la cual se imponen criterios estrictos para las empresas beneficiarias de exenciones, pero permite que estas puedan seguir existiendo. Desde el punto de vista de la protección medioambiental dicha solución puede parecer insatisfactoria, pero hay que tener en cuenta que sería difícil justificar que Alemania invierta grandes sumas en la transición energética y que al mismo tiempo su sector industrial haya de perder competitividad a nivel internacional al no poder quedar exento de elevados costes que su competencia en el extranjero no tiene que pagar.

Queda por ver si se alcanzarán los ambiciosos objetivos establecidos para la Unión de la Energía y cuáles son las competencias que se le conceden. En cualquier caso, ya hay elementos comunes que funcionan en la actualidad. Uno de ellos es el sistema de interconexión de las diferentes redes de distribución eléctrica en Europa, que ya desde hace tiempo contribuye a contrarrestar fluctuaciones e insuficiencias en el suministro de electricidad, algo que cobrará aún más importancia con el aumento de la implantación de las energías renovables. Uno de los objetivos más importantes de la Unión de la Energía es que en 2020 se haya integrado en ese sistema interconectado al menos el 10% de la capacidad de generación de los estados miembros (Comisión Europea: 2015, 9). E incluso se plantea el 15% para 2030, lo que facilitaría considerablemente poder usar como reserva la electricidad que generasen las centrales hidroeléctricas de los Alpes o del Norte de Europa, o bien permitir que todo el continente pueda consumir la que se genere en instalaciones solares del sur de Europa.

Las condiciones de partida para tal proyecto son favorables, pues ya hay sistemas interconectados en funcionamiento, de los cuales el más grande abarca desde España en el oeste hasta Hungría en el este, y desde Grecia en el sur hasta Dinamarca en el norte. Además, hay sistemas propios en el Reino Unido, Irlanda, los estados bálticos y los países escandinavos, cuya interconexión se irá estrechando en los próximos años. La Comisión Europea estima que los fondos necesarios para ello y para la ampliación general de la red eléctrica europea ascienden a 200 000 millones de euros al año. Se trata de una inversión que promete un rendimiento seguro, por lo que los inversores privados están dispuestos a participar. Además, la Comisión Europea quiere apoyar la ampliación de la red con partidas de sus fondos estructurales y de inversión para que dicho objetivo, el de disponer de una red eléctrica interconectada a nivel europeo, sea realista y facilite la transición energética.

### 3.6 RENTABILIDAD ECONÓMICA

En los principios de la transición energética parecía haberse encontrado la tierra prometida: «El sol no nos pasa factura por su energía», decía Franz Alt en 1994. Aún hoy se escucha argumentar que el sol y el viento son fuentes de energía de las que podemos disponer sin coste ninguno. Y podemos incluso tomarlo al pie de la letra, pues efectivamente no hay que pagar por ella, pero lo que sí que puede generar grandes costes es transformarla en otras formas de energía que podamos transportar, usar o almacenar.

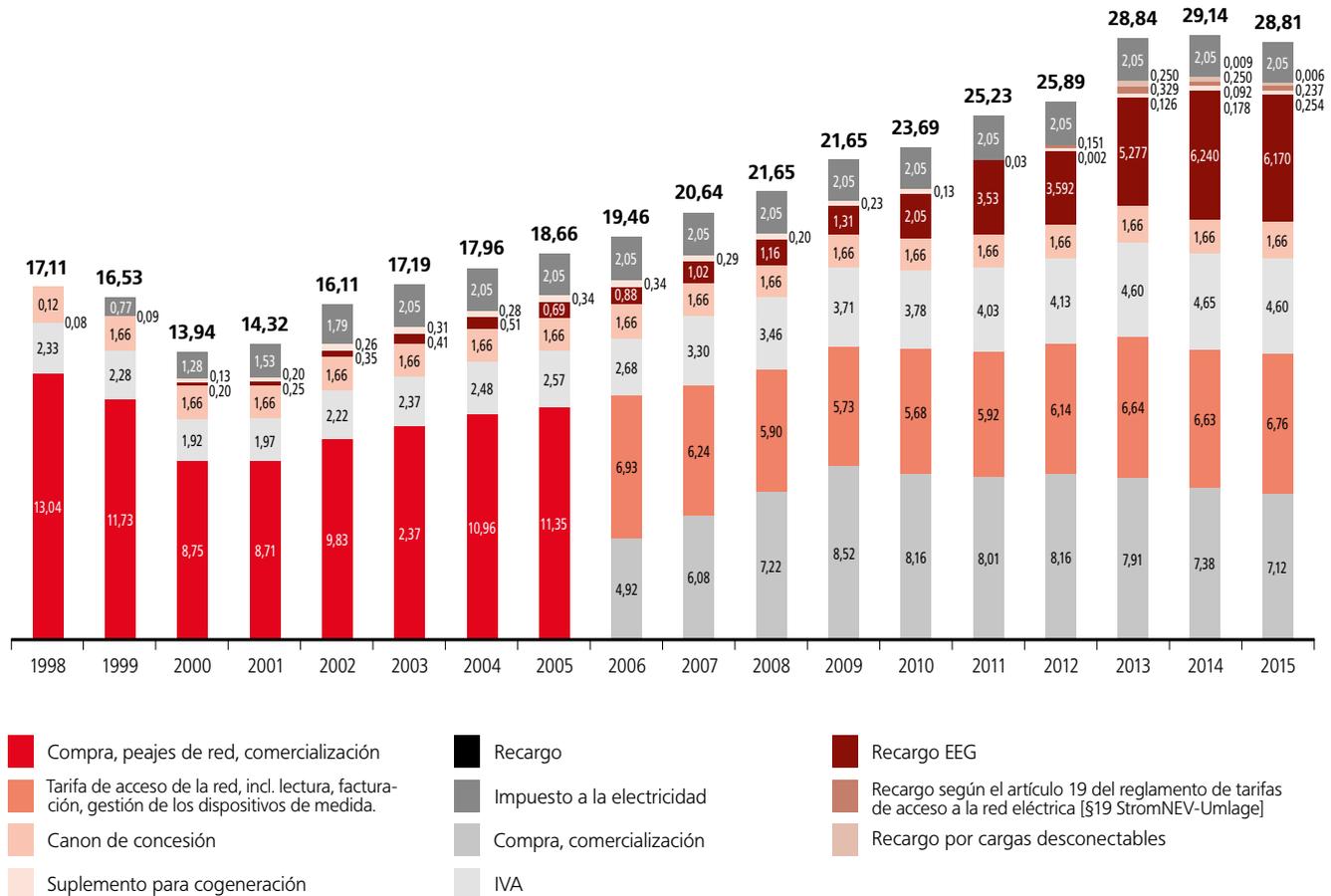
En el caso de las centrales hidroeléctricas o en centrales térmicas que funcionen con la combustión de madera y desechos dichos costes son relativamente bajos, lo que hace que estas fuentes de energía, que ya se emplean desde hace décadas, sean competitivas y apenas reciban apoyo financiero.

La situación es diferente para la mayor parte del resto de energías renovables. Ya al inicio de la transición energética se tenía la certeza de que, al menos durante cierto tiempo, serían más caras que la electricidad „normal“. Por esta razón, en la ley alemana de las energías renovables se contemplaban precios fijos garantizados que se situaban por encima del precio de mercado y que tendrían una validez de 20 años. Además, durante este mismo período se garantizaba igualmente la compra de la electricidad generada a partir de fuentes renovables, lo que las volvía rentables y les dio un impulso que superó todas las expectativas.

Sin embargo, también las superaron los costes: cuando se aprobó la ley EEG en el año 2000 se necesitaron ayudas complementarias de 1 000 millones de euros y siguieron subiendo hasta llegar a los 24 000 millones de euros actuales, que supone una carga de aproximadamente 270 euros anuales para una unidad familiar de tres personas. Se cuentan aquí no solo el recargo previsto en la ley EEG sino también el resto de aportaciones complementarias dedicadas igualmente a las energías renovables (BDEW: 2014a, 6). Esta carga también es consecuencia de la ley EEG, que prevé la aplicación de un recargo al consumo eléctrico para financiar los costes adicionales asociados (véase figura 8). Por ello se rechaza que se hable de subvenciones arguyendo que el estado no paga ni un céntimo. Desde el punto de vista técnico es un argumento válido aunque algo sutil, que sin embargo entra en el terreno del absurdo cuando se afirma que con ello el estado estafa a sus ciudadanos. Según Claudia Kemfert, el estado no asume sus responsabilidades al repercutir a los clientes los gastos que antes se cubrieron con fondos del erario público (Kemfert: 2013, 77). Pero hay que recordar que las arcas públicas no es que se llenen precisamente gracias a la lotería, sino que a fin de cuentas son los impuestos y otras aportaciones que pagan los mismos ciudadanos. Por lo tanto, no hay grandes diferencias entre financiar la ley mediante impuestos, con un recargo en la factura de la electricidad o a través de certificados de derechos de emisión. A fin de cuentas, no queda otra alternativa que el consumidor o el contribuyente carguen con los costes asociados.

También es correcto hacer referencia a las subvenciones considerables que, por su parte han recibido tanto la energía atómica como el carbón, aunque en el caso de este último dichas ayudas servían más bien (y seguirán sirviendo hasta 2018) para mantener su explotación en Alemania y los pues-

Figura 8  
Evolución de los precios de la electricidad para los hogares 1998–2015



Fuente: BDEW: 2015, 48

tos de trabajo asociados, ya que los precios en el mercado mundial del carbón para la generación eléctrica han sido y son competitivos. En lo que se refiere a la energía atómica, emplear las subvenciones como argumento es un arma de doble filo. En cualquier caso, parece mejor prescindir de ellas, ya que los pagos realizados a cargo del estado permitieron un desarrollo que de otra forma no hubiese sido posible y cuya consecuencia son unos costes muy elevados que tenemos que sufragar hoy entre todos (FÖS: 2010b).

Lo cierto es que, incluso dejando de lado este tipo de argumentos de elevado contenido político, resulta difícil identificar correctamente cuáles son los costes asociados a la transición energética y más aún evaluarlos. Resulta simplista entender que tales costes sean simplemente los precios de la electricidad, la calefacción o la gasolina. Al menos de igual importancia son los costes externos, es decir, la repercusión en el medioambiente y las consecuencias para el cambio climático, que causan en muy diferente medida los combustibles de origen fósil y las energías renovables.

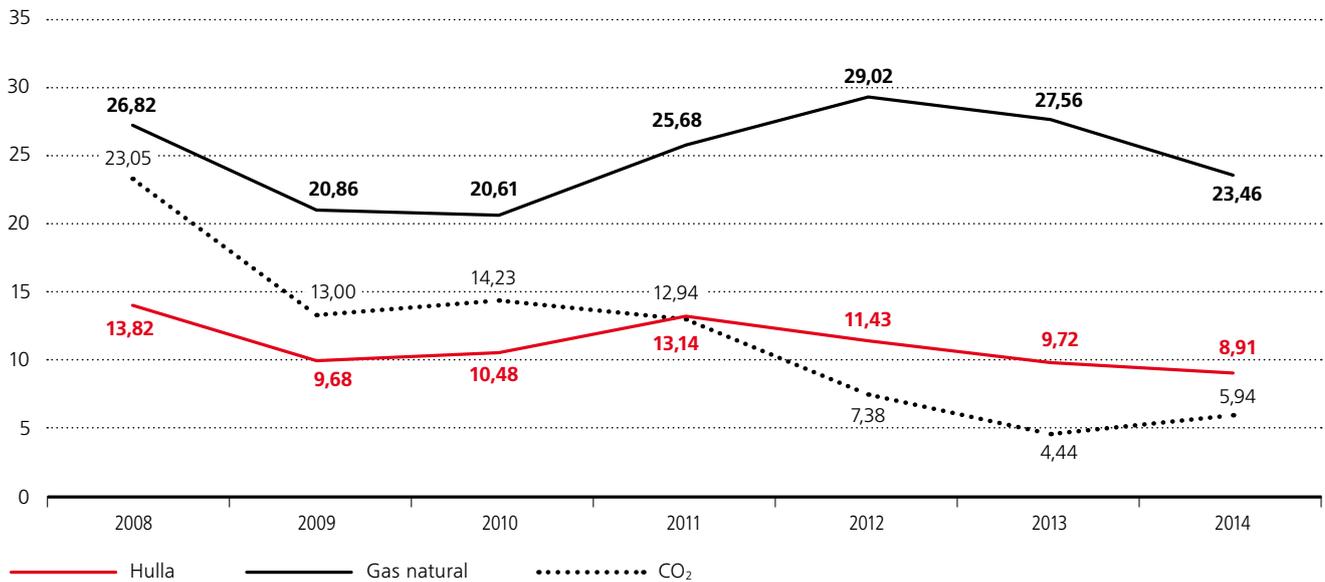
### 3.6.1 COSTES EXTERNOS

A lo largo de su vida útil, empezando con su extracción hasta llegar a su consumo, los combustibles de origen fósil generan no solo CO<sub>2</sub> sino muchos otros contaminantes que causan

diversas enfermedades, tienen un impacto negativo en el medioambiente y causan costes que se pueden denominar „externos“, pues no incurren en ellos los operadores de centrales, sino que repercuten en terceros. Así, no se reflejan en los precios de la gasolina, del carbón o de la electricidad, sino que han de ser tenidos en cuenta mediante cálculos específicos. Un estudio de la Oficina Federal Alemana para el Medioambiente (UBA son sus siglas en alemán) cifra los costes externos de la generación eléctrica a partir de la hulla y el lignito en entre 6 y 8 céntimos de euro por kilovatio hora. Los daños más serios los causan el lignito y la hulla, para los que en dicho estudio se estiman costes externos de, respectivamente, 8,7 y 6,8 céntimos, mientras que los correspondientes al gas, comparativamente menos contaminante, se sitúan en 3,4 céntimos, es decir, considerablemente inferiores (UBA: 2007, 76, 82).

Siempre hay costes externos, incluso en el caso de las energías renovables, que surgen sea durante su producción, sea en su transporte, sea durante la instalación y el desmantelamiento de instalaciones solares y material aislante térmico obsoletos. Sin embargo, en su caso son claramente inferiores a los de los combustibles de origen fósil, siendo su contribución al calentamiento global particularmente reducida. El estudio de la UBA los cifra en 1 céntimo por kilovatio hora. Para dar cuenta los costes reales de la generación y el consumo eléc-

Figura 9  
**Diferencial entre los precios del carbón, del gas y de emisión de CO<sub>2</sub>, 2008-2014\***  
 Tasa en frontera por importación en Euros/MWh y precio del derecho de emisión en euros/tm CO<sub>2</sub>



\* El diferencial entre los precios del carbón y del gas se ha incrementado desde 2012 y solo ha vuelto a reducirse un poco en 2014. Los precios de emisión de CO<sub>2</sub> se mantienen en un nivel bajo.

Fuente: AGOR A Energiewende 2015

tricos es necesario tener en cuenta estas consecuencias externas para repercutirlas en el precio de la electricidad. Ello haría que las energías renovables fuesen competitivas y que necesitasen de menos ayudas. Es verdad por otra parte que las centrales nucleares cuentan con un buen balance en lo referente a emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que hay defensores del medioambiente que están a favor de su empleo. A ello se podría añadir que producen electricidad a bajo precio, pero solo si se hace el cálculo desde un punto de vista estrictamente microeconómico, pues las centrales nucleares generan costes externos considerables, como muestra el debate actual sobre los carísimos almacenes nucleares, el costosísimo desmantelamiento y demolición de las centrales y las consecuencias de un posible accidente (FÖS: 2010b).

Es necesario llamar la atención sobre los costes externos y es necesario tenerlos en cuenta para evaluar los costes reales. En la práctica, y a pesar de los estudios de los que se dispone, es difícil hacerlo, pues hay que basarse en estimaciones y es evidente que hay formas muy diferentes de valorar y cifrar la probabilidad y la intensidad con que se pueda producir un determinado tipo de daños. A ello hay que añadir otro problema, no menor: es necesario que haya un consenso internacional para que se tengan en cuenta estos costes a la hora de fijar los precios de la energía. Hay países que podrían asumir el papel de precursor, pero sería a costa de aceptar precios más elevados que repercutirían en sus empresas y en sus consumidores en general. Por ello es necesario que haya una normativa de aplicación a nivel europeo, y ya existe una: los certificados de derechos de emisión. La idea en que se basa no puede ser más sencilla: quien quiera emitir CO<sub>2</sub> tendrá que comprar derechos para ello. Su precio, además, deberá ir subiendo progresivamente de modo que los com-

bustibles contaminantes se encarezcan progresivamente y vayan desapareciendo del mercado.

Ese era el efecto que se quería conseguir, pero que no se ha dado, pues los precios no han subido sino que han caído a un nivel tan bajo que los derechos de emisión han perdido prácticamente todo su sentido (véase figura 9). La razón principal para esta evolución ha sido la crisis económica global que empezó en 2008 y que provocó una contracción de la producción industrial. Con ello se redujeron igualmente las emisiones, lo que hizo que bajase el precio de los derechos de emisión hasta un nivel tan bajo que en 2013, con un valor de 5 euros por tonelada de dióxido de carbono, ya no suponían incentivo ninguno. A ello contribuyó también que cuando empezó a funcionar el sistema se distribuyeran generosamente derechos gratuitos al sector industrial para evitarle el impacto del mismo. Para que se diese el efecto esperado el precio debería situarse en los 60 euros, pero de la teoría hay que pasar a la práctica y esto no es fácil, pues son los políticos los que tienen que fijar esos precios y para ellos no es fácil obviar la presión que ejercen tanto las empresas como numerosos electores, preocupados por sus ventas las primeras y por sus empleos los últimos. Por ello, lo más probable es que haya un aumento paulatino, con lo que por el momento los costes externos o en su caso los daños al medio ambiente no tendrán gran relevancia en el precio de la electricidad.

Todo esto perjudica a la transición energética, pues los esfuerzos para proteger el medioambiente causan costes adicionales que, a diferencia de los costes externos, sí que repercuten directamente en los precios de la electricidad incrementándolos. Ya se era consciente de este efecto cuando aprobó la ley EEG, si bien se suponía que dichos costes irían disminuyendo para, en poco tiempo, no tener ninguna trascendencia.

### 3.6.2 EL RECARGO PARA LAS RENOVABLES IMPUESTO POR LA LEY EEG Y EL PRECIO DE MERCADO

Cuando en el año 2000, tras la aprobación de la ley EEG, se determinaron los precios garantizados, se les consideraba como una medida transitoria cuyo objetivo era obtener una inyección de fondos y conseguir que creciera la demanda de energías renovables, que se multiplicase la investigación y desarrollo en ese área y que bajasen los costes de producción. Al mismo tiempo se suponía que los precios del petróleo, del carbón y del gas subirían en todo el mundo, con lo que era de esperar que las energías renovables llegasen a ser competitivas y, más tarde, incluso más baratas. Tal previsión solo se cumplió parcialmente.

Se registraron avances tecnológicos y aumentos en la eficiencia en los aerogeneradores, en las instalaciones de biomasa y en los paneles solares, además de abaratare los costes de producción, en especial y de forma drástica en el caso de las instalaciones fotovoltaicas. Al inicio, la electricidad que se generaba con ellas era tan cara que hubo que el precio garantizado subió hasta los 57,4 céntimos por kilovatio hora. En junio de 2015, sin embargo, era solo de 12,4 céntimos para instalaciones pequeñas y en las más grandes bajaba incluso hasta los 8,59 céntimos. El problema es que al mismo tiempo, y en contra de toda previsión, también descendió el precio de los combustibles de origen fósil, un fenómeno de carácter global cuya duración es difícil anticipar.

En algún momento tendrán que volver a subir los precios de la energía, pero su nivel en estos momentos hace que la diferencia entre el precio garantizado y el precio de mercado (coste diferencial) sea inesperadamente elevada y suponga un gasto adicional. En Alemania contribuye a ello además el hecho de que las energías renovables se hayan expandido tan deprisa y que, por ello, hayan empujado a la baja el precio de la electricidad. La razón es que los precios fijos garantizados venían ligados a una garantía de compra, de modo que ofrecían unas condiciones propicias para que se produjese un volumen cada vez mayor de electricidad, que terminaba en la bolsa de Leipzig, donde se negocia el conjunto de la electricidad, sea de energías renovables o generada con combustibles de origen fósil. La bolsa se creó en el año 2000, cuando se liberalizó el comercio de electricidad en Europa para que aumentase la competencia, un objetivo que sí se alcanzó. Al inicio aumentó el precio en bolsa, pero desde entonces ha caído hasta los 4,2 céntimos de diciembre de 2014 debido a la débil demanda resultante de la crisis económica y al aumento simultáneo de la oferta. Esta evolución no causa problemas a quienes generan energía a partir de las renovables, pues tienen el precio de venta garantizado durante 20 años. Sin embargo, el diferencial entre el precio garantizado y el negociado en la bolsa aumentó, obligando a elevados pagos imprevistos que fueron repercutidos en el precio de la electricidad que, en consecuencia, aumentó.

Al exceso de oferta contribuyeron también las centrales térmicas de hulla y lignito, pues han de funcionar de forma continua para que la electricidad que generan sea barata. Por su naturaleza no pueden reaccionar con rapidez a las variaciones de la oferta y solo pueden bajar hasta determinado punto la potencia entregada. Para las centrales térmicas de

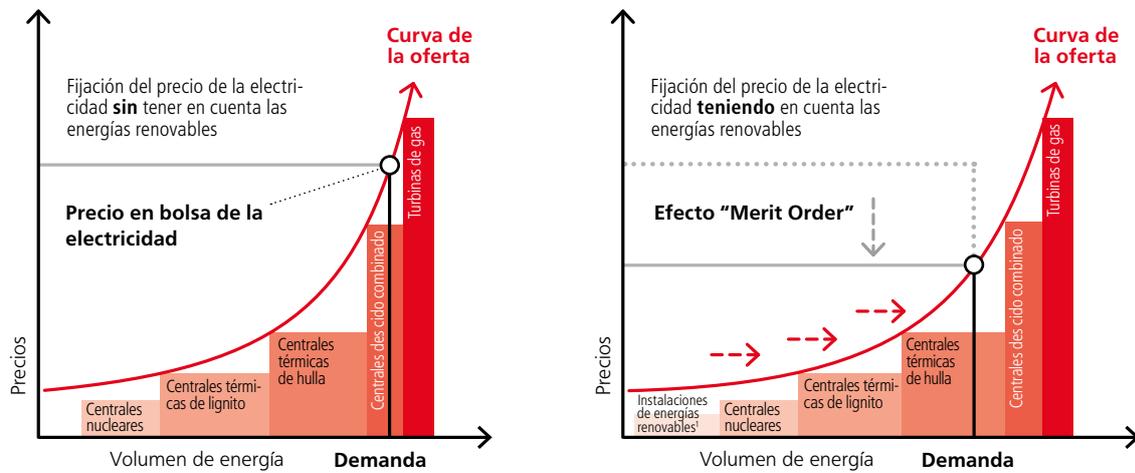
gas no resulta por contra tan difícil, y además tienen la ventaja de emitir una cantidad relativamente baja de CO<sub>2</sub>, pero son víctimas del efecto "Merit-Order" (véase la figura 10). Cuando el precio en bolsa cae se van desconectando las centrales cuyo coste de generación queda por encima de aquél, y las primeras son las centrales térmicas de gas por generar electricidad relativamente cara, de modo que quedan relegadas a un segundo plano. Un ejemplo es la ya mencionada central de Irsching, una de las más modernas y eficientes de Europa. Dos de sus módulos no aportaron electricidad ninguna al mercado durante el pasado año y solo se pusieron en servicio durante breves períodos para compensar insuficiencias puntuales de suministro. Por asumir esta tarea recibieron el pago de la correspondiente compensación, pero los contratos que la estipulan expiran y los operadores de la central ya han anunciado que van a cerrar ambos módulos.

A fin de cuentas, quienes salen beneficiadas por esta situación son las centrales térmicas de hulla y especialmente las de lignito por tener costes de explotación bajos, lo que las ha dado un renovado impulso en los últimos años. El problema es que la combustión de lignito produce cantidades considerables de gases de efecto invernadero, poniendo así en peligro uno de los objetivos fundamentales de la transición energética. Simone Peter, líder de partido de los Verdes, habla incluso de un enorme fracaso. Greenpeace y otros grupos de defensa del medioambiente le dan la razón al decir: «El hecho de que sean precisamente las tecnologías que generan menos CO<sub>2</sub> las que fracasen por razones económicas mientras que las centrales térmicas de carbón, que son verdaderos motores para el cambio climático, sigan conectadas a la red es una muestra patente de incapacidad» (Tagesschau: 2015).

Esta afirmación no es errónea, pero al mismo tiempo Peter no está siendo consecuente, pues está hablando de una de las consecuencias (involuntarias) de la ley EEG, a la que los Verdes contribuyeron decisivamente durante el tiempo que estuvieron en el gobierno. Fue su insistencia lo que llevó a la aprobación de la ley, que quería mejorar las condiciones de partida para las energías renovables, se centraba en la generación y tuvo mucho éxito. Incluso se puede decir que, en cierto modo, tuvo demasiado éxito, pues la cantidad de electricidad generada aumentó tan rápidamente que los precios cayeron, las centrales térmicas de gas perdieron terreno y se quemó, y se sigue quemando, cada vez más hulla y lignito. Nadie quería que las cosas fuesen por ese camino, pero es muy difícil dirigir las, especialmente porque las centrales tienen permisos de explotación válidos por muchos años y que no se pueden revocar sin más. Y no hay que olvidar que hasta hace pocos años se construyeron al abrigo de un consenso general, pues con ellas se quería dejar de ser dependientes del petróleo y de la energía atómica.

Igualmente, el incremento de los costes pilló a todos por sorpresa y fue difícil de contrarrestar. Los expertos responsables de fijar los precios garantizados de las diferentes energías renovables los iban determinando año tras año sin poder anticipar cómo evolucionarían en la realidad los costes de los generadores eólicos, de las instalaciones solares o de las plantas de biomasa. Por ello se dieron situaciones imprevistas, como por ejemplo el bum de las instalaciones fotovoltaicas. Como sus costes cayeron rápidamente por debajo de los precios garantizados se crearon oportunidades inusualmente

Figura 10  
Representación gráfica del efecto "Merit Order"



Nota: las instalaciones de energías renovables tienen el efecto de desplazar la curva de la oferta hacia la derecha, como se ve en el gráfico de la derecha. La diferencia de precio corresponde a efecto "Merit Order".

<sup>1</sup> Electricidad a partir de energías renovables sujetas a fluctuaciones (fotovoltaica, eólica): costes marginales = 0

Fuente: BMWi: 2014b, 33

favorables para obtener beneficios, lo que dio lugar a que entre 2009 y 2012 la potencia instalada creciese cada año 7,5 gigavatios y a que el porcentaje generado por estas instalaciones aumentase con gran rapidez. Y con mayor celeridad crecieron al mismo tiempo las ayudas, que en 2014 llegaron casi al 49% del montante total, mientras que las instalaciones objeto de ellas, debido a su bajo rendimiento solo aportaban el 25,1% de la electricidad generada a partir de energías renovables (BDEW: 2014, 69).

Las ayudas también aumentaron para el resto de las renovables, y por ello se realizó una importante modificación de la ley EEG (a la que se denominó „EEG 2.0“) en 2014 con el objeto de poder controlar mejor la evolución de la situación y evitar que los costes subiesen demasiado deprisa. Para ello se redujeron los porcentajes de las ayudas para cada una de las energías renovables, se limitó su crecimiento y se fijaron objetivos concretos para la ampliación de los años subsiguientes. La normativa es, en sus particularidades, extremadamente compleja, tanto que solo la entienden los expertos, que en la actualidad tienen que tener en cuenta casi 4 000 tipos de retribuciones. Ofrece también cierto margen de maniobra, que permite, por ejemplo, sustituir los generadores eólicos actuales por otros de más potencia (lo que en inglés se denomina repowering). En cualquier caso, lo que sí está claro es el objetivo: la nueva normativa tiene que asegurar la viabilidad económica y garantizar el aprovisionamiento y el suministro.

Sin embargo, solo tienen en cuenta una parte de los costes que van a surgir en los próximos años, y que provienen de crear nuevas opciones de almacenamiento, ampliar las redes o mantener centrales como reserva. Por ejemplo, se calcula que los costes de la ampliación de la red eléctrica ascenderán por sí solos a entre 27,5 y 42,5 miles de millones de euros (Monopolkommission: 2013, 121), mientras que es difícil estimar los

de los acumuladores, contadores de electricidad inteligentes, etc., que sin embargo serán considerables. Para mantenerlos lo más bajo posible se debate también sobre posibles cambios sustanciales en las medidas de promoción, que, desde la aprobación de la ley EEG, están basadas en esencia en precios garantizados y venta asegurada con el fin de ofrecer seguridad a las inversiones.

Estas garantías no son válidas solo para los generadores eólicos, las plantas de biomasa o los paneles solares, es decir, para la generación a partir de energías renovables, sino también para la amplia infraestructura necesaria para su transporte, uso y almacenamiento. Así, se hacen concesiones en firme a los operadores de la red, mientras que quienes residen cerca de las torres de soportes de los cables recibirán una parte de los ingresos que genere la red. Puede que la tasa de rendimiento de tales inversiones no sea especialmente alta, pero garantizan un ingreso seguro y son atractivas, especialmente teniendo en cuenta que en estos momentos otras formas de inversión apenas dan intereses. Normas similares benefician a las operadoras de las centrales que tengan alguna de ellas en situación de reserva, a quienes construyen centrales hidroeléctricas reversibles y a muchos otros que han de contribuir a amortiguar las fluctuaciones y aumentar la seguridad de que se mantenga el suministro. En este contexto se puede interpretar la amenaza de cierre de la central de Irsching como un intento presión para recibir una subvención que permita seguir con su explotación.

Los precios garantizados han tenido éxito, tal y como se ha mencionado, pero también han dado lugar a situaciones no deseadas, gastos innecesarios y creado expectativas de ingresos asegurados. Por ello se está considerando la introducción en la transición energética de una mayor componente de mercado y más competencia. Una posibilidad para ello sería

el pago de primas a quienes reduzcan sus emisiones de CO<sub>2</sub> en una determinada cantidad o si generan cierto volumen de electricidad a partir de energías renovables. Quien ofrezca el mejor precio se lleva el contrato y decide por sí mismo cómo cumple con esos objetivos, sea con instalaciones solares, generadores eólicos, por mejora de la eficiencia energética o con otros procedimientos. Lo mismo que con los derechos de emisión, la idea parece cautivadora, pero la experiencia adquirida con lo acontecido hasta ahora no muestran un resultado claro y es de esperar que haya nuevos planteamientos y se siga debatiendo, ya que cualquier cambio sacude las estructuras existentes y afecta a los intereses vigentes.

Se debate mucho también sobre si la participación del sector industrial en los costes de las renovables es la adecuada, o más bien, de parte de las empresas industriales, ya que mientras en 2014 el 94% de ellas pagaron el recargo completo de la ley EEG, como hicieron el resto de las de los sectores secundario y terciario, hubo aproximadamente 2 000 explotaciones industriales que se beneficiaron en diferente grado de exenciones en el pago de este recargo y, por lo tanto, contribuyen poco o nada a sufragar los costes de la transición energética. Este hecho parece „injusto”, tanto más por cuanto la selección de estas empresas no siempre es convincente. Es un mito que se hayan concedido exenciones a campos de golf, pero es cierto que hay empresas que se han beneficiado de este tratamiento preferencial sin que haya razones convincentes para ello. No obstante, lo cierto es que por lo general las exenciones de pago del recargo se conceden sobre todo a empresas cuya competitividad depende de que puedan disponer de energía a bajo precio. El ejemplo clásico es el de la producción de aluminio, que consume cantidades enormes de electricidad, pero también se pueden citar el transporte público, que la necesita para sus tranvías y metros, o los servicios de previsión meteorológica, que emplean ordenadores que consumen igualmente mucha electricidad.

Es verdad que se trata de un número reducido de empresas, pero su consumo eléctrico es aproximadamente el 20% del total, lo que hace que sus exenciones equivalgan a cerca de 4 000 millones de euros. Si no se concediesen esas rebajas, el montante a satisfacer mediante el recargo de la ley EEG bajaría de 24 000 a 20 000 millones de euros. Esto, sin embargo, causaría nuevos problemas, porque habría que aliviar por otras vías a esas empresas que dependen de contar con electricidad barata, a menos que pudiesen conseguir mayores ingresos, como por ejemplo subiendo el precio del billete de transporte público. El gobierno federal de coalición entre socialdemócratas y verdes ya había visto venir este problema y previó en 2003 que existiese la posibilidad de exención, introduciendo con ello el reparto de costes como „medida especial de compensación”. Es posible realizar correcciones, como por ejemplo reducir el número de empresas beneficiarias. El margen de ahorro es, sin embargo, previsiblemente limitado si no se quiere afectar mucho a las empresas que consumen grandes volúmenes de electricidad.

Por otra parte, lo cierto es que se benefician de la bajada de los precios de la electricidad, lo mismo que todos aquellos que la compran directamente en la bolsa o que los operadores energéticos. Los hogares pueden beneficiarse, si bien de forma limitada, a través de un cambio de proveedor de electricidad.

En consecuencia, su margen de ahorro es menor que el de las empresas, que por suponer un volumen mayor de demanda pueden exigir de sus proveedores que les faciliten la electricidad al precio de la bolsa, que se encuentra en descenso desde hace algún tiempo. Existen empresas que, por ello, se benefician de la bajada de precios de la electricidad. En teoría se podría considerar captar parte de esos beneficios a través de impuestos o tributación extraordinaria, si bien es algo que requiere una gran inversión de trabajo y recursos y complicaría aún más el ya de por sí complejo sistema de la transición energética, con lo que sería difícilmente viable en la práctica.

Igualmente difícil sería cambiar el reparto que se realiza entre los diferentes estados federados, que se benefician en diferente medida de la transición energética, pues la distribución geográfica de los parques eólicos, las plantas de biomasa, las instalaciones solares y de otros tipos es muy desigual. En particular, Schleswig-Holstein, Mecklemburgo-Pomerania Anterior y las regiones del norte producen grandes cantidades de energía a partir de las renovables y tienen superávit. Además, salen ganando igualmente porque la construcción de generadores eólicos crea puestos de trabajo. Estas regiones pasan por un período de dificultades económicas, y por ello las energías renovables tienen un efecto equivalente al de un programa de estímulo económico que, además, también crea empleo en otros lugares. Se estima que su número llegó a casi 400 000 en 2012, si bien hay que considerar esta cifra con cautela, pues la transición energética también destruye puestos de trabajo, como por ejemplo los de las centrales convencionales que cierran. Además habría que comprobar también si los fondos empleados no se sustraen de otros objetivos que también supondrían creación de empleo.

En 2013 el estado federal con un mayor superávit fue Baviera, que precisamente no necesita este tipo de ayudas, mientras que Renania de Norte-Westfalia, que se encuentra en crisis, vio cómo se escapaban 2 900 millones de euro y sufría el mayor déficit. Por último, hay que dar constancia del tipo de redistribución a nivel social que se genera, pues las ayudas benefician sobre todo a hogares de clase social media y alta, que son los que pueden permitirse una instalación solar. Reciben subvenciones para realizarlo, creándose así un efecto de redistribución del que son ellos los que salen beneficiados.

Por contra, los más pobres no reciben nada, al mismo tiempo que tienen que dedicar una parte cada vez mayor de sus reducidos ingresos a sufragar una electricidad cada vez más cara.

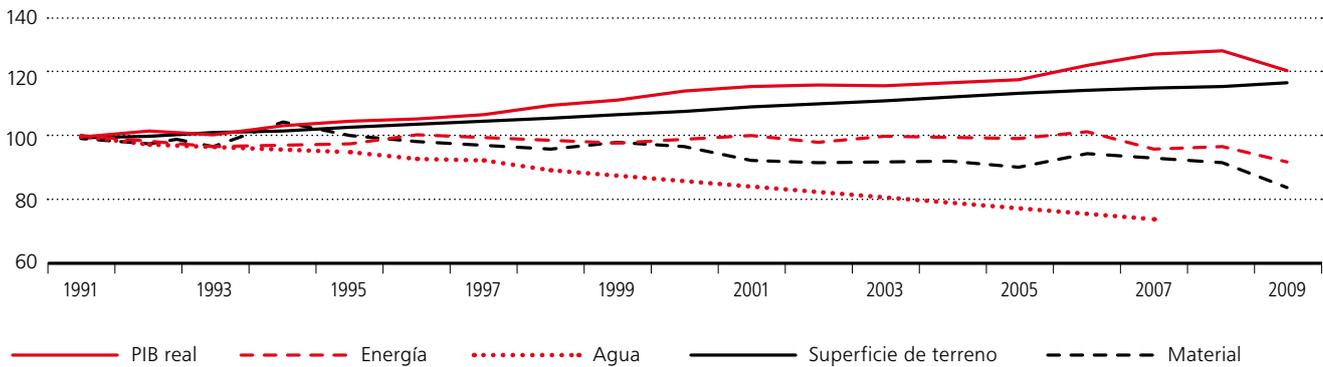
### 3.6.3 EFICIENCIA Y AHORRO

Ya en los debates iniciales sobre la transición energética se hizo hincapié en la necesidad de usar la energía de forma eficiente y austera. Eppler trató este aspecto en su texto de 1979 y a él se sumaron Volker Hauf y numerosos expertos para recoger un argumento que ya tenía amplia difusión en el siglo XIX en un momento en que la energía era cara y, precisamente por ello, su consumo bajo. Con el apogeo primero del carbón y más tarde del petróleo cayeron los precios de la energía. La „era de la combustión” dio comienzo y llevó a un „despilfarro sin sentido” de energía de origen fósil, como denunció ya en 1900 el químico Clemens Winkler (Winkler: 1900, 4f.).

Figura 11

**Crecimiento económico y consumo de recursos 1991–2009**

Evolución del producto interior bruto y del consumo de recursos naturales, 1991 = 100; uso del terreno 1992 = 100



Fuente: Institut der deutschen Wirtschaft Köln: 2012

La situación no cambió hasta la llegada de la crisis del petróleo en los años 1973 y 1974, que supuso la subida de su precio y de otros recursos de modo que desde un punto de vista económico lo razonable era limitar el consumo. Desde entonces se han conseguido notables avances (véase la figura 11). Mientras que hasta entonces lo normal era que el crecimiento económico supusiese un incremento en el consumo de recursos, a día de hoy se ha conseguido desligar parcialmente ambas tendencias, de modo que es posible que la economía siga creciendo al tiempo que el consumo de recursos se mantenga e incluso caiga. Lo cierto es que esto es cierto en lo que respecta a la energía consumida por unidad de producto fabricado, mientras que a nivel general el consumo se reduce muy lentamente, o incluso no baja. Además puede darse un efecto de rebote debido a que el incremento en la eficiencia se traduce en menores gastos para el consumidor y esto puede incitar a un mayor consumo. Esto se puede constatar en el mercado de la automoción, en la que la oferta de motores de menor consumo conlleva un aumento en las ventas y, en consecuencia, un mayor consumo de recursos.

A este respecto hay que llamar la atención sobre dos problemáticas. En primer lugar, el consumo de recursos en países industrializados sigue siendo demasiado alto y ha de reducirse. Ernst Ulrich von Weizsäcker presentó en 1995 junto con otros expertos un nuevo informe en el Club de Roma en el que abogaba por aprovechar los aumentos en productividad no en producir más con menos mano de obra, como se venía haciendo, sino para hacer un uso más racional de los recursos naturales (Weizsäcker et al.: 1995).

Si su empleo fuese cuatro veces más eficiente se podría reducir el consumo de los mismos a la mitad y, al mismo tiempo, duplicar el estado de bienestar. El resultado final es un incremento de factor cuatro que se podría conseguir gracias a una revolución en la eficiencia.

Seguimos estando lejos de esa meta, incluso si el consumo de energía se sigue reduciendo. El gobierno federal alemán aspira a que el consumo de energía primaria en 2050 haya bajado hasta ser un 50% menor que el de 2008. Es un objetivo ambicioso, que además es más difícil de dirigir mediante medidas políticas que la ampliación de la implantación de

las energías renovables, que hasta ahora se apoyaba fundamentalmente en gratificaciones de carácter financiero para el aislamiento térmico de edificios, la reducción del consumo de gasolina o el uso de determinados aparatos, siempre que se pagasen subvenciones. Para ello es necesario emplear los recursos fiscales del estado, que son limitados y cuyo empleo puede levantar polémica en función del caso en particular. Por ello es igualmente importante disponer de una normativa más estricta que exija que el aislamiento térmico sea más efectivo, que se reduzca el consumo de gasolina o que se instalen bombas de calor. Con ella y con incentivos financieros se pueden conseguir una mayor eficiencia y un menor consumo, si bien será más bien de forma gradual. La revolución de la eficiencia de la que hablaba von Weizsäcker no aparece aún en el horizonte y podría no llegar si no suben sustancialmente los precios de la energía, ya que a fin de cuentas el principal aliciente para hacer un uso racional de la energía y otros recursos es evitar un incremento del gasto.

### 3.7 RESPETO AL MEDIO AMBIENTE

La cuestión de la sostenibilidad ecológica tiene una respuesta sencilla en la transición energética. La principal contribución sería la reducción del consumo de energía (y de otros recursos). La segunda sería ampliar la aportación de las energías renovables, ya que son las que menos costes externos causan y las que mayor reducción en la emisión de gases de efecto invernadero permiten. En el año 2013 se consiguió reducir dichas emisiones en 145,8 millones de toneladas, gracias al uso de las energías solar, eólica, hidroeléctrica y otras fuentes, así como la biomasa. El uso de esta última supone, sin embargo, un problema, pues puede efectivamente contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero puede suponer también un perjuicio si lleva asociadas la aparición de monocultivos, la contaminación de aguas freáticas o si pone en peligro la biodiversidad (BMW: 2014, 7). Por ello se limitó la implantación de la biomasa, mientras que para el conjunto de fuentes renovables se puede sacar un balance claramente positivo desde el punto de vista ecológico, en el que hay que tener también en cuenta aspectos relativos a la salud. El uso

de combustibles de origen fósil y de origen biogénico va acompañado de la emisión no solo de gases de efecto invernadero sino también de otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno, mercurio y partículas finas, que suponen un perjuicio no solo para el medioambiente sino también para la salud de las personas, por lo que es necesario reducir su emisión todo lo posible. Además, el cambio climático, y en concreto el aumento de eventos climatológicos extremos, puede causar una pérdida de la diversidad de especies animales y vegetales, así como la reducción de los hábitats naturales. Es cierto, sin embargo, que la ampliación de la implantación de las energías renovables puede igualmente suponer intervenciones en el entorno natural, por lo que es necesario elegir con gran atención el lugar de instalación más adecuado para que los efectos de tal intervención sean limitados (BMW: 2014c, 10).

A pesar de este balance fundamentalmente positivo, el hecho es que la emisión de CO<sub>2</sub> en Alemania apenas se ha reducido desde el inicio de la transición energética. Después de 1990 se registró una bajada clara en su nivel, pero fue debido sobre todo al cierre de empresas en el territorio de la antigua República Democrática Alemana, que eran responsables de un volumen especialmente elevado de estas emisiones. Por lo tanto, usar las cifras oficiales de 1990 como referencia para hablar de éxito en política medioambiental esconde en realidad el hecho de haberse dado un evento individual aislado. Igualmente, decir que en 2013 las energías renovables han evitado la emisión de 145,8 toneladas de gases de efecto invernadero tampoco es del todo exacto. La cifra es correcta, pero de ella en realidad solo 84,3 millones de toneladas son atribuibles a la ley EEG y a sus retribuciones, mientras que el resto, que no dejan de ser el 42%, se deben a las centrales hidroeléctricas y al uso para su combustión de madera y otras fuentes tradicionales, que hubiesen aportado respectivas contribuciones independientemente de que hubiese la transición energética o no (BMW: 2014, 7).

Como vemos, los datos pueden llevar a una impresión demasiado optimista, pero aún así es cierto que las emisiones se redujeron a partir de 1990, llegando en 2006 a su punto más bajo. Sin embargo, a continuación volvieron a subir y en 2012 se alcanzaron niveles de emisión de CO<sub>2</sub> casi iguales al del año 2000 (ver figura 12). Las cifras del año 2014 son más halagüeñas, aunque se deben sobre todo a que el invierno fue suave (AGEB: 2014). Es así por tanto que hasta ahora uno de los objetivos centrales de la transición energética solo se ha podido cumplir de forma parcial. Y se puede decir además que precisamente en los últimos años, en los que se ha visto un veloz ascensión de las energías renovables, la situación se ha deteriorado. La explicación para ello es sencilla: el aumento de la implantación de las renovables produjo un exceso de oferta de electricidad y una caída de los precios que precisamente las centrales térmicas de hulla y lignito, por producir electricidad particularmente barata, pudieron soportar bien. En consecuencia, estas centrales han ampliado su porcentaje en el total de generación eléctrica.

Este exceso de oferta debería durar todavía algunos años. La parte positiva es que las centrales térmicas que emplean combustibles sólidos facilitan el asegurar el suministro. Por otro lado, si bien este es un objetivo de importancia, al mismo tiempo es necesario reducir la emisión de gases de efecto in-

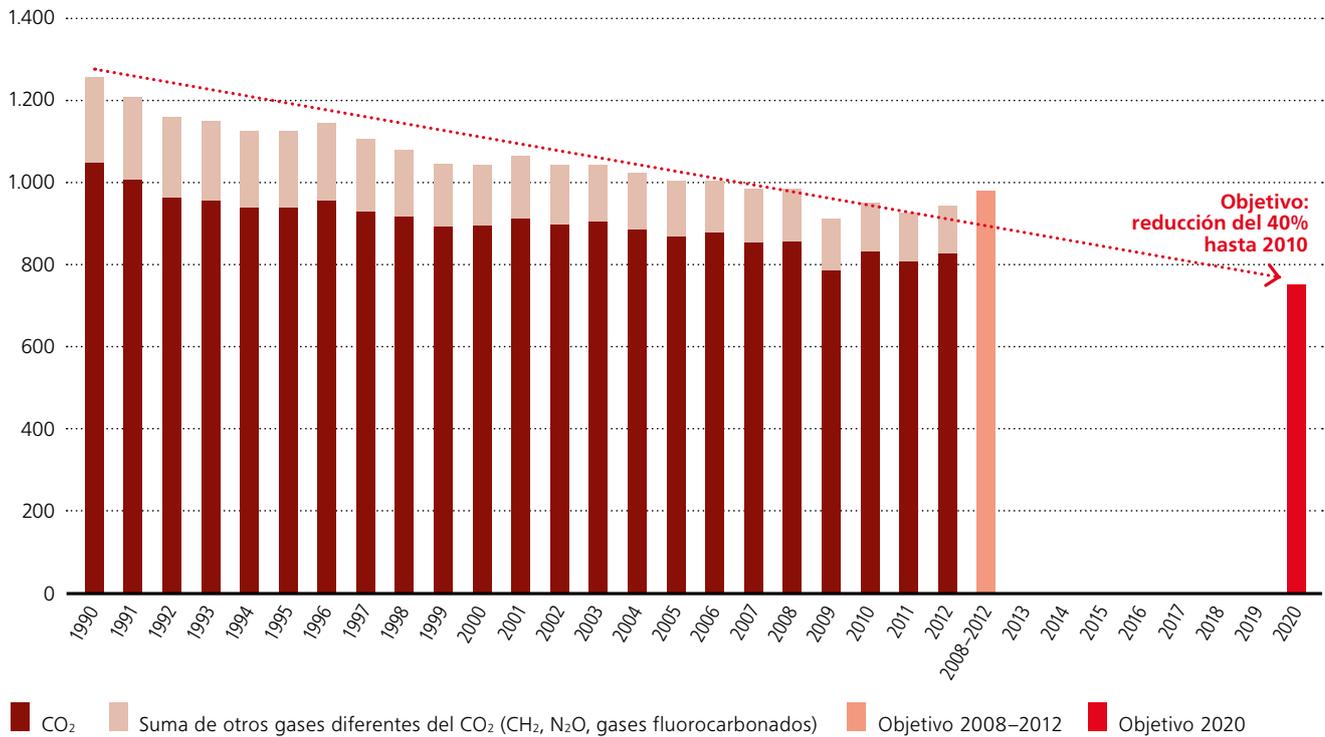
vernadero. Por las razones ya citadas, es de suponer que los derechos de emisiones no tendrán por el momento ningún efecto. Una alternativa podría ser recurrir a directrices políticas que hagan más difícil el recurso al carbón y al lignito. Cada vez hay más voces que abogan por ello (Greenpeace: 2015). Pero no es tan fácil como parece. Las centrales son titulares de las ya mencionadas licencias de explotación aún válidas por muchos años, cuya derogación supondría problemas jurídicos y causaría costes adicionales. Además hay que tener en cuenta que ofrecen puestos de trabajo y que muchas de ellas no están en manos de „capitalistas“ sin rostro, sino que son propiedad de empresas suministradoras de energía o de administraciones locales.

Entre las primeras siguen dominando aún los grandes grupos empresariales energéticos, que durante mucho tiempo intentaron complicar la transición energética, e incluso obstaculizarla, y que hasta hace pocos años sacaban pingües beneficios del negocio energético. Para ellos se ha acabado esa época dorada, lo que por otro lado no despierta ningún sentimiento de lástima por ellos. Pero por otro lado es cierto que entre sus accionistas se encuentran fondos de pensiones, empresas de seguros o administraciones locales que han tenido que sufrir dolorosas pérdidas por la bajada de las cotizaciones y la caída de los dividendos. Esto ha afectado especialmente a las administraciones locales de la cuenca del Ruhr, que compraron centrales en un momento en que estas ofrecían buenos réditos, con los que a su vez financiaban sus presupuestos. En la actualidad, por el contrario, las centrales suponen una carga para las ya precarias arcas de las ciudades, de modo que tienen que sopesar una multitud de intereses y fines contrapuestos antes de decidirse a favor o en contra de las centrales térmicas de lignito y hulla.

El propio ministro federal de economía, Sigmar Gabriel, pudo apreciarlo cuando en marzo de 2015 propuso una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los 349 millones de toneladas de 2014 a solo 290 millones en 2020. Esta medida afectaba sobre todo a las centrales térmicas de lignito y hulla más viejas que emiten mucho dióxido de carbono. Según su propuesta se las aplicaría un tope máximo que, en caso de ser superado, obligaría a pagar una «contribución a la lucha contra el cambio climático» de entre 18 y 20 euros por tonelada de CO<sub>2</sub> emitida en exceso. Las operadoras de las centrales debían por lo tanto decidir si pagaban esa tasa, si reducían la producción o si cerraban la central. La fundación WWF, que defiende el medioambiente, lo interpretó como «un paso creíble en la lucha contra el cambio climático», puesto que supondría que fuesen precisamente las «centrales más antiguas y más contaminantes» las que fuesen desapareciendo gradualmente (Süddeutsche Zeitung: 2015). Un paso que, sin embargo, pone en peligro puestos de trabajo, no solo en las propias centrales sino también en sus proveedores y en el sector de la minería del lignito. Eso sí, parece exagerado cifrar en 100 000 los puestos de trabajo que estarían en peligro, como temía Frank Bsirske, presidente del sindicato Ver.Di (Hamburger Abendblatt: 2015).

Pero lo cierto es que supone efectivamente una amenaza para el empleo, y precisamente en zonas ya de por sí estructuralmente débiles y de finanzas precarias. Hay un cambio estructural en curso que es imposible evitar. De lo que se trata es de evitar amplificar sus repercusiones.

Figura 12  
Emisiones de gases de efecto invernadero 1990–2012 y objetivos  
en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente



Fuente: BMWi: 2014, 85

Es necesario tomar decisiones, lo que resulta aún más complicado porque las centrales nucleares van a dejar de funcionar. Cuando eso suceda no solo se reducirá la nutrida oferta presente en el mercado de electricidad, responsable de los bajos precios reinantes desde hace tiempo, sino que además puede resultar más complicado garantizar el suministro. Además, con las centrales nucleares desaparece también una forma de generación de electricidad que conlleva pocas emisiones de gases de efecto invernadero. Las energías renovables habrían de ser su sustituto, pero necesitan a las centrales térmicas de lignito y hulla para que el conjunto del suministro quede garantizado. Esto hace que la ampliación de la red eléctrica sirva para transportar electricidad generada en estas centrales y no solo para llevar al sur la producida en los parques eólicos del norte. La alternativa serían las centrales térmicas de gas, que emiten menos contaminantes y que además permitirían prescindir de una de las tres líneas principales de transporte de electricidad proyectadas. La contrapartida es que, una vez construidas y en servicio, estarían en funcionamiento durante muchos años y entorpecerían la continuación de la ampliación de la implantación de las energías renovables. Además, tienen costes de operación superiores a los del lignito, con lo cual habría que ofrecer ayudas financieras a sus operadoras.

A pesar de esta situación complicada y contradictoria, las centrales térmicas de gas deberían ganar en importancia en los próximos años e irán desplazando al carbón. Esta tendencia se observa ya en otras partes del mundo, y se debe en gran medida al denominado fracking, la extracción de gas

de esquisto por fractura hidráulica. En la región de Baja Sajonia se usa esta técnica desde los años 60 del siglo pasado y no ha causado problemas dignos de mención. En la actualidad, sin embargo, se aplican procedimientos denominados no convencionales en los que se mezclan arena de cuarzo y productos químicos al agua que después se inyecta a alta presión en los estratos de esquisto y en vetas carboníferas para fracturarlas y liberar el gas que encierran. Quienes critican el empleo de esta técnica se centran en las sustancias químicas usadas y dudan de que haya siquiera necesidad de recurrir a esta técnica en Alemania (Sachverständigenrat für Umweltfragen: 2013). A finales de marzo de 2015, el gobierno federal alemán aprobó un proyecto de ley que si bien prohíbe la fractura hidráulica para extracción de gas a profundidades inferiores a 3000 metros y completamente en reservas naturales y en zonas con recursos hídricos protegidos, sí que la permite con fines de experimentación científica. Además, una comisión de expertos ha de realizar una evaluación, cuyo resultado puede ser que se permita el uso de esta técnica en casos concretos (Frankfurter Allgemeine Zeitung: 2015).

Aquellos para quienes la extracción por fractura hidráulica es peligrosa e innecesaria consideran que estas normas no son suficientemente estrictas pues siguen permitiendo el uso de esta técnica. Otros, que piensan que el riesgo no es tan elevado y que se puede controlar, consideran que el proyecto de ley no es más que una obstaculización por vía legislativa. Ambos bandos son irreconciliables y, una vez más, estamos ante una situación en la que es difícil emitir sentencia, pues es necesario tener en cuenta aspectos muy diversos. En los

EE.UU., la extracción de gas por fractura hidráulica ha hecho que su precio baje tanto que las centrales térmicas de carbón no pueden competir con él. El resultado es una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El gas obtenido por este procedimiento podría desplazar a las centrales térmicas de carbón también en el resto del mundo. Si solo se piensa en el cambio climático, sería preferible una transición directa a las energías renovables, pero si se tiene en cuenta el peso del carbón a nivel mundial y los planes existentes para la construcción de centrales térmicas, merecería la pena considerar cuáles serían las consecuencias de estos hechos cuando se valore la posibilidad del uso a nivel global de la extracción de gas por fractura hidráulica.

Finalmente, hay que decir que las centrales térmicas modernas de lignito y hulla también podrían contribuir a la transición energética en tanto que tecnología puente. Esta afirmación puede sorprender, pues en realidad hay que intentar reducir lo antes posible su aportación. En Alemania es posible conseguirlo, pero mientras se disponga de combustibles de origen fósil en cantidad suficiente y a precios bajos seguirán teniendo una gran importancia en países como China, India y otros. Es cierto que en estos países ya hay indicios de que se está limitando el uso del carbón, e incluso de que se reduce, pero todavía queda un largo camino. Podría por ello tener sentido emplear los conocimientos a nuestra disposición para reequipar las centrales térmicas existentes o desarrollar centrales nuevas de modo que tengan un mayor rendimiento y emitan menos CO<sub>2</sub>. Existen grandes diferencias entre los procedimientos tradicionales y las nuevas tecnologías, tanto que un parque de centrales térmicas más eficiente en China o India mejoraría el balance de emisiones global y la repercusión en el clima, especialmente si se consigue captar el CO<sub>2</sub> y almacenarlo.

## 4

# CONCLUSIONES

Cualquier exposición de un tema ha de cerrarse con un resumen que sea breve y claro. En el caso el caso de la transición energética es difícil cumplir con ambas premisas. Es un proceso tan complejo y ambicioso que los capítulos precedentes apenas tocan una serie de aspectos individuales y no alcanzan más que a realizar un bosquejo de ellos. En el norte de Europa un proverbio advierte que si uno se entretiene a rebuscar entre los detalles, terminará encontrando al diablo. Así es en el caso de la transformación energética, que abarca tantas cuestiones interrelacionadas y que da lugar una y otra vez a consecuencias inesperadas. Por ello es imposible resumir con brevedad los hechos que se constatan en este texto y es igualmente difícil reducirlas a una serie de resultados claros.

En cierta manera lo único que se puede decir inequívocamente es que sigue habiendo un amplio apoyo a la transición energética y que hay una gran disposición a arrostrar los costes que supone. Igualmente claros son los objetivos del gobierno federal: en 2050, la aportación de las energías renovables al consumo general de energía habrá de crecer hasta el 60% y hasta el 80% en el caso del suministro de electricidad, la emisión de gases que afecten al clima deberá haberse reducido en un porcentaje igual, y el consumo de energía primaria habrá caído a la mitad. Objetivos que son ambiciosos, pero que en principio se pueden alcanzar, si bien no hay acuerdo sobre cuál es la forma más recomendable de conseguirlo, cuáles son las próximas medidas a tomar o cuáles de ellas son particularmente realistas. Elijamos un ejemplo: ¿se hará realidad en 2020 que haya un millón de vehículos eléctricos en circulación en Alemania, tal y como se propone el gobierno federal? De alcanzarse tales cifras al tiempo que se vaya abandonando el uso de combustibles fósiles, y entre ellos la gasolina, presumiblemente habrá que consumir más electricidad para compensarlo. ¿Es realista entonces plantearse una reducción tan amplia de su consumo hasta 2050 como la que figura en la previsión oficial del gobierno?

Por el momento no hay una respuesta clara para estas preguntas. Se diría que la transición energética se encuentra más bien en una especie de limbo en tanto que es necesario adoptar medidas concretas mientras que por otro lado persisten las dudas sobre cuáles son los pasos a dar y sobre cuál ha de ser la orientación fundamental a adoptar. ¿Habrá en breve medios

efectivos de almacenamiento de la energía y métodos sostenibles desde el punto de vista medioambiental para crear biomasa? ¿Habrá instalaciones fotovoltaicas y eólicas que sean aún más eficientes y que soporten una demanda superior de modo que ofrezcan un aprovisionamiento más seguro? ¿Darán el resultado esperado el aislamiento térmico y el ahorro energético? ¿Deberá seguir habiendo precio garantizado y obligación de compra o puede que componentes con dinámica de mercado ofrezcan soluciones más asequibles? ¿Avanzará la descentralización y habrá mejores opciones para ajustar mejor la demanda a la oferta?

Solo es posible encontrar respuestas a estas preguntas en el entorno europeo. Para conseguir avanzar con la transición energética, la democracia social tiene un interés esencial en participar en el diseño de la Unión Energética Europea, que aún está en pañales. Incluso así, por el momento no habrá respuestas claras. Más bien se mantendrá la incertidumbre y habrá que seguir varios planteamientos en paralelo para que la experiencia sea quien decida cuál de ellos es el válido. Dicho con otras palabras, la transición energética es efectivamente el proceso descrito, cuyos objetivos están marcados a grandes rasgos, y cuyo decurso, sin embargo, puede experimentar cambios en cualquier momento.

En vista de la amenaza que supone el cambio climático, esa incertidumbre puede dar pie a la desesperación. ¿No será necesario adoptar con efecto inmediato medidas efectivas y drásticas? En principio puede que sí, pero en realidad no disponemos de ellas y pueden conllevar el riesgo de que las decisiones tomadas demuestren haber sido erróneas y que no sea posible corregirlas sin enorme dificultad. Por lo tanto, tenemos que convivir con esa incertidumbre. Eso no implica que haya que quedarse de brazos cruzados, todo lo contrario, pues solo se puede disipar la incertidumbre cuando aceptamos las dificultades y las contradicciones que conlleva la transición energética. Incluso si tenemos que hacer nuevos intentos para conseguir los objetivos marcados.

El SPD tendrá que asumir, como lo ha venido haciendo desde hace mucho tiempo en la transición energética, una importante tarea: conseguir que haya una compensación entre quienes se benefician y quienes salen perjudicados, tener en cuenta los diferentes intereses, fraguar compromisos y, sobre todo, garan-

tizar el consenso necesario para esta ambiciosa empresa. Una tarea que no es sencilla y que no siempre despierta reconocimiento, pero que es imprescindible para alcanzar los objetivos de la transición energética.

## Índice de ilustraciones

- 12 Figura 1  
**Evolución de la generación de electricidad a partir de energías renovables en Alemania, 1990–2012**
- 14 Figura 2  
**Situación actual y objetivos de la transición energética**
- 15 Figura 3  
**Evolución de los precios del petróleo, 2002–2014**
- 17 Figura 4  
**Suministro de energía para uso final proveniente de fuentes renovables, 2013**
- 18 Figura 5  
**Energía eólica continental: distribución regional de la potencia, la generación eléctrica y las retribuciones, 2012**
- 20 Figura 6  
**Estructura de generación eléctrica en 2011**
- 21 Figura 7  
**Evolución del conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990**
- 23 Figura 8  
**Evolución de los precios de la electricidad para los hogares 1998–2015**
- 24 Figura 9  
**Diferencial entre los precios del carbón, del gas y de emisión de CO<sub>2</sub>, 2008–2014**
- 26 Figura 10  
**Representación gráfica del efecto “Merit Order”**
- 28 Figura 11  
**Crecimiento económico y consumo de recursos 1991–2009**
- 30 Figura 12  
**Emisiones de gases de efecto invernadero 1990–2012 y objetivos**

## Índice de siglas

AGEB	Siglas de Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., asociación fundada por empresas del sector energético y varios institutos de investigación sobre la energía. Aparte de evaluar los datos disponibles sobre el sector energético en Alemania elabora un balance energético anual del país.
AKW	Siglas de Atomkraftwerk, el término alemán para central nuclear.
BDEW	Siglas de Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., una asociación con sede en Berlín que agrupa a empresas del sector de la energía y del agua.
BMWi	Siglas de Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, el Ministerio Federal Alemán de Economía y Energía.
bpb	Siglas en alemán de Bundeszentrale für politische Bildung, una oficina estatal para la formación del ciudadano y divulgación de información sobre ciencias políticas y sociales.
Bündnis 90/ Die Grünen	Partido verde alemán, conocido habitualmente como los Verdes. De reciente creación, surgió de las protestas contra el uso de la energía atómica y la degradación medioambiental y consiguió por primera vez representación parlamentaria en 1983. Entre 1998 y 2005 formaron coalición de gobierno con el SPD.
CDU	Siglas de Christlich Demokratische Union, la Unión Demócrata-Cristiana de Alemania. Partido de presencia nacional de orientación conservadora.
CSU	Siglas de Christlich-Soziale Union in Bayern, la Unión Social-Cristiana de Baviera. Partido de orientación conservadora y que se presenta a las elecciones exclusivamente por Baviera, estado federado en el que gobierna en la actualidad. En la cámara baja alemana (Bundestag) forma grupo parlamentario conjunto con el partido demócrata-cristiano alemán (CDU). Forma igualmente parte de la coalición de gobierno actual junto con el CDU y el SPD.
CEE	Comunidad Económica Europea. Fundada en 1958 por seis países europeos, es la antecesora de la actual Unión Europea.
Die Linke	Partido que surge de la fusión del partido “Partei Arbeit & soziale Gerechtigkeit – Die Wahlalternative (WASG)” y el partido “Partei des Demokratischen Sozialismus”. Este último es considerado sucesor del partido SED después del colapso del sistema político de la antigua República Democrática Alemana. A nivel federal, Die Linke desempeña el papel de un partido crítico con el capitalismo.
EEG	Siglas de Erneuerbare-Energien-Gesetz, la ley alemana de las energías renovables.
FDP	Siglas de Freie Demokratische Partei Deutschlands, partido inspirado en la tradición liberal. Ha participado en varios gobiernos de coalición con CDU/CSU.
IVA	Impuesto sobre el valor añadido.
KWK	Siglas de KrafteWärmeeKopplung, el término alemán para cogeneración.
SPD	Siglas de Sozialdemokratische Partei Deutschlands, el Partido Socialdemócrata Alemán. De ideología socialdemócrata, es el más antiguo de los partidos de presencia nacional presentes a día de hoy en el parlamento alemán.
PIB	Producto interior bruto.
UBA	Siglas de Umweltbundesamt, la Oficina Federal Alemana para el Medioambiente.
UE	Unión Europea. En 2015 cuenta con 28 estados miembros en Europa. Fue fundada en 1992.

# Glosario

## **Aumento de rendimiento por modernización del equipo**

**[repowering]** Se designa así el aumento de la eficiencia en el uso de generadores eólicos existentes gracias a la modernización de su equipamiento. La instalación en su conjunto sigue sin embargo en servicio.

**Biodiversidad** Con el concepto „biodiversidad“ se hace referencia a la diversidad de ecosistemas y la de las diferentes especies animales y vegetales, así como la de todas las subespecies y variedades que componen cada una de ellas.

**Biogénico [biogen]** El concepto alemán biogen, y su correspondiente inglés biogenic, se emplea para dar cuenta del origen biológico u orgánico de algo. Su correspondencia más cercana en castellano sería „biogénico“, es decir, derivado de la „biogénesis“, cuya segunda acepción en el Diccionario de la Real Academia reza: „Producción y transformación de sustancias químicas por los seres vivos“.

**Biomasa** El concepto „biomasa“ abarca diferentes materias de origen orgánico como pueden ser, por ejemplo, las deyecciones animales. En el ámbito de la tecnología energética se emplea para designar productos que se pueden emplear, bien como combustible, bien para la obtención de energía.

**Calor ambiental** Se designa así al calor contenido en el aire, en el subsuelo o en el agua subterránea y que puede emplearse como fuente de energía. Es posible aprovecharlo mediante bombas de calor.

**Centrales hidroeléctricas reversibles o de bombeo** Gracias a la función de bombeo, estas centrales pueden, bien cuando haya superávit de generación eléctrica, bien cuando su precio sea especialmente bajo, emplear la electricidad disponible para bombear agua y almacenarla a una altura superior, normalmente en embalses. Con ese agua se generará más tarde electricidad en el momento en que haya una demanda elevada. En el contexto de la transición energética, su papel es el de actuar como recurso en reserva que permita compensar las fluctuaciones en el suministro de energía.

**Club de Roma [Club of Rome]** El Club de Roma, fundado en la ciudad que le da nombre, es hoy un foro de reflexión (lo que en inglés se ha dado en llamar think tank) de escala mundial que cuenta entre sus líneas con influyentes políticos, científicos y empresarios. En 1972 se publicó el informe „Los límites del crecimiento“, que hace referencia fundamentalmente al hecho de que los recursos son limitados.

**Cogeneración** Con este concepto se hace referencia a la obtención simultánea tanto de energía como calor útil a partir de la combustión de materiales combustibles en una instalación con localización fija.

**Combustibles de origen fósil** Los combustibles de origen fósil están constituidos por biomasa y son producto de procesos a alta temperatura y presión que duran millones de años. Entre ellos se encuentran el petróleo, el gas natural, el lignito y la hulla. Al quemarlos se liberan gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono que afectan negativamente al clima.

**Consumo bruto de electricidad** El consumo bruto de electricidad aglutina el total de la electricidad generada en el país (eólica, hidroeléctrica, solar, carbón, petróleo, gas natural y otras) junto con el flujo neto de electricidad al extranjero (es decir, el flujo saliente del país menos el flujo entrante). El consumo neto de electricidad es el que queda tras sustraer al bruto las pérdidas de transmisión en la red.

**Consumo de energía para uso final** Se considera como tal la parte de la energía primaria que queda a disposición del consumidor tras sustraer las pérdidas de transmisión y transformación.

**Consumo de energía primaria** Se entiende como tal el saldo entre producción nacional y comercio internacional en fuentes energéticas, a lo que se añade el estado de las reservas y se sustraen las existencias de gasóleo de caldera en altamar.

**Consumo final bruto de energía** El consumo final bruto de energía está compuesto por la consumida por el usuario final más la que se pierde en las instalaciones de generación y durante su transporte. Para las energías renovables, el consumo final bruto resulta de la suma del consumo en los hogares, del sector del transporte, de los sectores secundario y terciario (industria, oficios artesanos, comercio y servicios), además del propio consumo energético técnico del sector de la transformación energética así como las pérdidas de conducción y por combustión no útil en las instalaciones de explotación.

**Contenido energético físico** Se denomina así a un procedimiento estadístico de evaluación (método del contenido energético físico) empleado en la elaboración de balances energéticos. Para ello se evalúan fuentes de energía, para las que no hay un factor de conversión de uso único, en función de contenidos energéticos definidos. Para la energía atómica se parte de un contenido energético físico del 33%, mientras que para la generación eléctrica a partir de energía eólica, solar e hidroeléctrica el valor es de 100%.

**Coste diferencial [Differenzkosten] / Recargo para financiación de las energías renovables según la ley alemana que las regula [EEG-Umlage]** En la terminología del sector energético en Alemania, se llama coste diferencial a la diferencia entre gastos e ingresos por el pago de retribuciones por la electricidad generada a partir de las energías renovables, es decir, de su venta. Equivale al montante que se recauda por vía del recargo fijado en la ley alemana de energías renovables, cuyas siglas en alemán son EEG.

**Costes externos** Se denominan costes externos aquellos que genera una actividad económica pero que no están recogidos en el precio de mercado. Como ejemplo se pueden citar los daños al medioambiente o prejuicios para la salud.

**Derechos de emisión** Para poder emitir una cierta cantidad de dióxido de carbono, las centrales térmicas y determinadas industrias tienen que adquirir derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, cuyo número es limitado y va descendiendo a medida que pasa el tiempo.

**Descentralización del suministro de energía** La descentralización del suministro energético prevé que se genere energía en las cercanías del lugar donde se consuma.

**Desertec** Es el nombre de una coalición de empresas, organizaciones de defensa del medioambiente y personas privadas cuyo objetivo es generar electricidad a partir de fuentes renovables en localizaciones en las que hay abundancia de energía. Son conocidos sus esfuerzos por transportar hasta Europa energía solar generada en Marruecos.

**Efecto „Merit Order“** Con „Merit Order“ se designa la secuencia de entrada en funcionamiento de centrales térmicas, determinada por sus costes marginales de generación eléctrica. Por ello, siempre empiezan a funcionar primero las centrales con los costes más bajos. El efecto subsiguiente, y al que se denomina efecto „Merit Order“, es una caída de los precios en la bolsa de electricidad.

**Efecto rebote** Un aumento de la eficiencia se traduce en un menor uso de recursos tanto en la producción como en el consumo. El consumidor lo percibe a través de una reducción de sus gastos y por ello puede ocurrir que, por resultar más baratos, compre una mayor cantidad de productos o que los use de forma menos conservadora. El resultado es que, si bien se necesita emplear menos recursos para fabricar un producto, el consumo total de recursos no desciende e incluso puede incrementarse.

**Eficiencia energética** Con este concepto se hace referencia a la consecución de un alto grado de rendimiento en la transformación de una forma de energía en otra y a la reducción al máximo posible del consumo en edificios, aparatos y máquinas

**Energía para uso final** Energía que, tras la sustracción de pérdidas, está a disposición del consumidor en forma de electricidad, energía térmica o combustibles. Se consideran energías para uso final las siguientes formas de energía: corriente eléctrica, calefacción de distrito, hidrocarburos como la gasolina, el queroseno, el gasóleo de calefacción y varios gases como el gas natural, el biogás y el hidrógeno.

**Energía primaria** La energía primaria abarca la energía para uso final, ya mencionada, y además todas aquellas fracciones de energía, como pueden ser las pérdidas en la generación o en el transporte.

**Energías renovables** Se entienden como tal las diferentes formas de energía que se obtienen de fuentes renovables, como el viento, el sol, los recursos geotérmicos, la biomasa o la energía potencial del agua embalsada. A diferencia de los combustibles de origen fósil como el petróleo, el gas natural, el lignito y la hulla, y de los combustibles nucleares como el uranio, son energías que no se agotan, se renuevan.

**Extracción de hidrocarburos por fractura hidráulica [fracking]** Con este método denominado no convencional se extraen gas y petróleo que se encuentran atrapados en estratos y vetas subterráneos. Consiste en inyectar en ellos una mezcla de agua, arena y aditivos químicos a alta presión para fracturarlos y liberar los hidrocarburos que contienen.

**Informe Brundtland** El denominado Informe Brundtland, cuyo título es „Our Common Future“ (Nuestro Futuro Común), se publicó bajo la dirección de Gro Harlem Brundtland, la que fuera primer ministro de Noruega. El informe se aborda la importancia del desarrollo sostenible.

**Gas de efecto invernadero** Se designan así los gases que contribuyen al denominado efecto invernadero. Su origen puede ser tanto natural como artificial, es decir, producido por actividades realizadas por el hombre. Entre los gases de efecto invernadero más importantes están el dióxido de carbono, el metano, el dióxido de nitrógeno, los clorofluorocarbonados, el hexafluoruro de azufre y el trifluoruro de nitrógeno. La combustión de combustibles de origen fósil libera grandes cantidades de dióxido de carbono.

**Geotermia** Por geotermia se entiende el aprovechamiento de la energía térmica contenida en las capas superiores del subsuelo o la contenida en el agua subterránea. En función de la temperatura del recurso geotérmico y el servicio demandado, se puede usar aquel, bien para la climatización de edificios, bien para el almacenamiento de energía térmica.

**Gestión de la demanda de electricidad** Este concepto designa un forma de control de las cargas eléctricas que demandan energía.

**Instalaciones fotovoltaicas** En ellas se transforma energía solar en energía eléctrica.

**Ley alemana de las energías renovables [Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG]** Esta ley del año 2000 prescribe que las operadoras de la red eléctrica han de comprar prioritariamente electricidad generada a partir de fuentes renovables, establece baremos de retribución (precios garantizados) para cada una de las formas de generación y estipula que los sobrecostes sean repartidos entre todos los usuarios de electricidad.

**Lluvia ácida** Se denominan así las precipitaciones con un pH menor al del agua pura. El origen de la lluvia ácida es fundamentalmente la contaminación del aire, principalmente por gases que forman ácido con el agua. Daña a la naturaleza y supone un perjuicio para el medioambiente. Se la considera como la causa principal de lo que se ha dado en llamar la muerte de los bosques.

**Partículas finas [Feinstaub]** Este concepto hace referencia a una mezcla compleja de materiales, tanto líquidos como sólidos, de dimensiones muy pequeñas con un diámetro máximo de 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), llegando hasta partículas de menos de 0,1  $\mu\text{m}$ .

**Planta de cogeneración** Las plantas de cogeneración son instalaciones, pequeñas por lo general, destinadas a la generación de electricidad y, opcionalmente, de energía térmica útil, que suelen emplazarse allí donde se puede dar un uso a la electricidad y el calor generados.

**Producción bruta de electricidad** La producción bruta de electricidad comprende la cantidad total de electricidad generada en un país. Una vez sustraída la energía para uso técnico en la propia la instalación generadora se obtiene la producción neta de electricidad.

**Productividad energética** Este concepto describe la eficiencia en el empleo de la energía.

**Producto interior bruto** El producto interior bruto equivale al valor total de todos los bienes (productos y servicios) que se creados por la economía de un país al cabo de un año y en su territorio, sustrayéndole los correspondientes costes de producción y prestación.

**Recargo según el artículo 19 del reglamento de tarifas de acceso a la red eléctrica [§19 StromNEV-Umlage]** Este artículo del reglamento establece las tarifas de acceso a la red eléctrica (NEV son las siglas de su denominación en alemán, Netzentgeltverordnung) y permite que grandes consumidores de electricidad queden exentos del pago de las mismas.

**Red de suministro eléctrico** Se entiende por tal el conjunto de líneas de transporte, subestaciones de transformación y aparataje de corte y conmutación, así como las centrales de generación por un lado y, por otro, las cargas eléctricas conectadas a ella y que consumen la electricidad transportada.

**Redes inteligentes de suministro de energía eléctrica [smart grids]** Gracias a tecnología digital innovadora es posible coordinar de forma eficiente la generación de electricidad, su transporte y la gestión de las cargas eléctricas conectadas a la red.

**Spinning Jenny** Este era el nombre coloquial que se daba a la primera máquina hiladora industrial para la fabricación de tejidos.

**Tecnología puente** Con este concepto se quiere designar a aquellas tecnologías aptas para facilitar una transición. Así, las centrales térmicas de gas pueden servir como tecnología puente para la transición a las energías renovables, ya que emiten menos CO<sub>2</sub> que otras centrales que usan combustibles de origen fósil.

**Tsunami** Es el nombre que recibe la ola enorme que genera un maremoto. Puede recorrer distancias amplísimas, adquirir dimensiones enormes y causar una devastación catastrófica.

# Bibliografía

- AEE (2013): "Auch am kürzesten Tag des Jahres liefern Erneuerbare Energien reichlich Strom". Agencia Alemana para las Energías Renovables (Agentur für Erneuerbare Energien, AEE). <http://www.unendlich-viel-energie.de/auch-am-kuerzesten-tag-des-jahres-liefern-erneuerbare-energien-reichlich-strom> (Consultado el 14.7.2015).
- AEE (2014): "92 Prozent der Deutschen wollen den Ausbau Erneuerbarer Energien". <http://www.unendlich-viel-energie.de/92-prozent-der-deutschen-wollen-den-ausbau-erneuerbarer-energien> (Consultado el 16.7.2015)
- Agencia Internacional de la energía, OCDE et al. (2010): An IEA, OECD and World Bank Joint Report: The Scope of Fossil-Fuel Subsidies in 2009 and a Road-map for Phasing out Fossil-Fuel Subsidies: Prepared for the G-20 Summit, Seoul 11–12 November 2010. París. [www.oecd.org/env/cc/46575783.pdf](http://www.oecd.org/env/cc/46575783.pdf) (Consultado el 4.2.2015).
- AGORA Energiewende (2015): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2014. Berlín.
- Alt, Franz (1994): Die Sonne schickt uns keine Rechnung: Die Energiewende ist möglich. Munich.
- AGEB (2014): Energieverbrauch in Deutschland: Daten für das 1. bis 4. Quartal 2014. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlín. [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=quartalsbericht\\_q4\\_2014.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=quartalsbericht_q4_2014.pdf) (Consultado el 4.2.2015).
- Barthelt, Klaus; Montanus, Klaus (1983): "Begeisterter Aufbruch: Die Entwicklung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland bis Mitte der siebziger Jahre". En: Hohensee, Jens; Salewski, Michael (Editores): Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945, 89–100. Stuttgart
- Bataille, Marc; Hösel, Ulrike (2014): Energieeffizienz und das Quotenmodell der Monopolkommission, DICE Ordnungspolitische Perspektiven 57, Düsseldorf.
- BDEW (2014): Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2014), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW). Berlín.
- BDEW (2015): Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW). Berlín.
- BMWi (2014a): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2013, Ministerio Federal (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, BMWi). Berlín.
- BMWi (2014b): Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013, Berlín.
- BMWi (2014c): Zweiter Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“, Berlín.
- Bofinger, Peter (2013): Förderung fluktuierender erneuerbarer Energien: Gibt es einen dritten Weg?, Informe pericial realizado por encargo de la fundación Baden-Württemberg. Würzburg.
- Brandt, Leo (1957): Die zweite industrielle Revolution, Munich
- Brüggemeier, Franz-Josef (2014): Schranken der Natur: Umwelt, Gesellschaft, Experimente 1750 bis Heute, Essen.
- Bundeszentrale für politische Bildung (2015): "Die Talfahrt des Ölpreises", <http://www.bpb.de/politik/hintergrund-aktuell/200167/entwicklung-des-oelpreises> (Consultado el 14.7.2015).
- Comisión Europea (2015): COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO, AL COMITÉ DE LAS REGIONES Y AL BANCO EUROPEO DE INVERSIONES Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva, 52015DC0080 Final. Bruselas
- Deutsche Energie-Agentur (2012): dena-Verteilnetzstudie. Ausbau und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlín.
- Ehrhardt, Hendrik; Kroll, Thomas (editores) (2012): Energie in der modernen Gesellschaft: Zeithistorische Perspektiven. Göttingen.
- Eppler, Erhard (1979): «Die Bundesrepublik gleicht einem schlecht isolierten Haus». En: Frankfurter Rundschau, 27.6.1979, 14.
- Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung (2011): Deutschlands Energiewende: Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft, Berlín.
- FÖS (2010a): Staatliche Förderungen der Stein- und Braunkohle im Zeitraum 1950–2008, estudio de Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS), por encargo de Greenpeace. Berlín.
- FÖS (2010b): Staatliche Förderungen der Atomenergie im Zeitraum 1950–2010, estudio de Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS), por encargo de Greenpeace. Berlín.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2015): "Abgeordnete stellen sich gegen Fracking-Gesetzentwurf", <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/kabinett-beschliesst-fracking-gesetzentwurf-in-deutschland-13517422.html> (Consultado el 16.7.2015).
- Fücks, Ralf (2013): Intelligent Wachsen: Die grüne Revolution. Munich
- Greenpeace (2015): "Brennstoff Kohle", <https://www.greenpeace.de/themen/energiewende/fossile-energien/kohle> (Consultado el 3.8.2015)
- Hamburger Abendblatt (2015): "Bsirske: Gabriels Kohle-Abgabe gefährdet 100.000 Jobs", <http://www.abendblatt.de/politik/article205240955/Bsirske-Gabriels-Kohle-Abgabe-gefaehrdet-100-000-Jobs.html> (Consultado el 16.7.2015)
- Hauff, Volker (1986): Energie-Wende – von der Empörung zur Reform: Mit den neuesten Gutachten zum Ausstieg aus der Kernenergie, Munich.
- Helm, Dieter (2012): The Carbon Crunch: How We're Getting Climate Change Wrong – and How to Fix it. New Haven.
- Hennicke, Peter; Fishedick, Manfred (2010): Erneuerbare Energien: Mit Energieeffizienz zur Energiewende, Munich.
- Heymann, Matthias (1990): Die Geschichte der Windenergienutzung 1890–1990. Frankfurt; New York.
- Hohensee, Jens; Salewski, Michael (editores) (1983): Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945. Stuttgart.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln (2015): "Sparsam wachsen", <http://www.iwkoeln.de/infodienste/iw-dossiers/kapitel/der-arbeitsmarkt/beitrag/ressourcen-sparsam-wachsen-102059> (Consultado el 15.7.2015)
- Instituto Federal Alemán de Estadística (2013): Europa 2020 – Die Zukunftsstrategie der EU, Wiesbaden.
- ISE (2013a): Kohleverstromung zu Zeiten niedriger Börsenstrompreise, estudio de Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) por encargo del grupo parlamentario de partido verde Bündnis 90/Die Grünen. Friburgo.
- ISE (2013b): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Friburgo.
- ISE (2014): Kurzstudie zur historischen Entwicklung der EEG-Umlage, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Friburgo.
- Kemfert, Claudia (2013): Kampf um Strom: Mythen, Macht und Monopole. Hamburg.

Kraus, Otto (1960): Bis zum letzten Wildwasser? Gedanken über Wasserkraftnutzung und Naturschutz im Atomzeitalter. Aquisgrán.

Krause, Florentin; Bossel, Hartmut et al. (1980): Energie-Wende: Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran: Ein Alternativ-Bericht des Öko-Instituts Freiburg. Frankfurt am Main.

Krewitt, Wolfram; Schломann, Barbara (2006): Externe Kosten aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Informe pericial realizado por encargo de Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung. Baden-Württemberg, Stuttgart, Karlsruhe.

Kurier (2015): "Österreich unter Druck wegen AKW-Klage", <http://kurier.at/politik/eu/hinkley-point-c-oesterreich-unter-druck-wegen-akw-klage/110.384.737> (Consultado el 15.7.2015).

Lovins, Amory B. (1978): Sanfte Energie: Das Programm für die energie- und industriepolitische Umrüstung unserer Gesellschaft. Reinbek.

Meyer-Abich, Klaus Michael; Schefold, Bertram (1986): Die Grenzen der Atomwirtschaft: Die Zukunft von Energie, Wirtschaft und Gesellschaft. Munich.

Monopolkommission Energie (2013): Wettbewerb in Zeiten der Energie-wende, Sondergutachten 65. Colonia.

Popp, Manfred (2013): Deutschlands Energiezukunft. Kann die Energiewende gelingen? Weinheim.

Quaschnig, Volker (2013a): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Munich.

Quaschnig, Volker (2013b): Regenerative Energiesysteme, Munich.

Radkau, Joachim (1978): Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975: Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse. Reinbek.

Radkau, Joachim (1983): "Fragen an die Geschichte der Kernenergie: Perspektivenwandel im Zuge der Zeit (1975–1986)". En: Hohensee, Jens; Salewski, Michael (editores): Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945, 101–126. Stuttgart.

Radtke, Jörg; Hennig, Bettina (editores) (2013): Die deutsche „Energiewende“ nach Fukushima: Der wissenschaftliche Diskurs zwischen Atomausstieg und Wachstumsdebatte. Marburgo.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2013): "Fracking zur Schiefergasgewinnung. Ein Beitrag zur energie- und umweltpolitischen Bewertung". [http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2012\\_2016/2013\\_05\\_AS\\_18\\_Fracking.html](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2012_2016/2013_05_AS_18_Fracking.html) (Consultado el 3.8.2015)

Schaaf, Christian (2002): Die Kernenergiepolitik der SPD von 1966 bis 1977 (tesis de licenciatura), Munich.

Scheer, Hermann (2010): Der energetische Imperativ: 100 Prozent jetzt: Wie der vollständige Wechsel zu erneuerbaren Energien zu realisieren ist. Munich.

Sieferle, Rolf Peter (2003): "Nachhaltigkeit in universalhistorischer Perspektive". En: Siemann, Wolfram (editor): Umweltgeschichte: Themen und Perspektiven, 39–60.

Siemann, Wolfram (editor) (2003): Umweltgeschichte: Themen und Perspektiven, Munich

Süddeutsche Zeitung (2012): "15 bis 1300 Krebstote – weltweit", <http://www.sueddeutsche.de/gesundheit/die-folgen-von-fukushima-bis-krebstote-weltweit-1.1415333> (Consultado el 16.7.2015).

Süddeutsche Zeitung 2015: "Gabriel läutet Ausstieg aus der Kohlekraft ein", <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/energiewende-gabriel-laeuetet-ausstieg-aus-der-kohlekraft-ein-1.2401300> (Consultado el 16.7.2015)

UBA (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden: Methodenkongvention zur Schätzung externer Umweltkosten, Oficina Federal Alemana para el Medioambiente (Umweltbundesamt, UBA). Dessau.

UBA (2010): Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbarer Energie. Dessau.

UBA (2014): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. Dessau.

UBA (2015): "Anteile der erneuerbaren Energieträger", <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/anteile-der-erneuerbaren-energie-traeger> (Consultado el 14.7.2015).

Weizsäcker, Ernst Ulrich von; Lovins, Amory B. et al. (1995): Faktor Vier: Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch: Der neue Bericht an den CLUB of ROME, Munich.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit". Berlin. [www.wbgu.de/wbgu\\_jg2003.pdf](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2003.pdf) (Consultado el 4.2.2015).

Zachmann, Georg (2015): Die Europäische Energieunion: Schlagwort oder wichtiger Integrations-schritt?. Gute Gesellschaft – Soziale Demokratie 2017plus. Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn.

Pie de imprenta:

© 2016

**Friedrich-Ebert-Stiftung**

Departamento de política económica y social  
Godesberger Allee 149, 53175 Bonn  
Fax 0228 883 9205, [www.fes.de/wiso](http://www.fes.de/wiso)

Para solicitar publicaciones: [wiso-news@fes.de](mailto:wiso-news@fes.de)

El uso comercial de todos los materiales editados y publicados por la Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) está prohibido sin previa autorización escrita de la FES.

Las opiniones expresadas en esta publicación no representan necesariamente las de la Friedrich-Ebert-Stiftung.

**ISBN: 978-3-95861-356-0**

Diseño: [www.stetzer.net](http://www.stetzer.net)  
Impresión: [www.bub-bonn.de](http://www.bub-bonn.de)

