

# "[R]evolución energética: Perspectiva mundial de la energía renovable"

## Resumen ejecutivo

### Las amenazas al clima y soluciones:

El cambio climático global, provocado por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, está afectando ya a los ecosistemas, provocando unas 150 mil muertes adicionales cada año. Un calentamiento global medio que alcance los 2°C es una amenaza para millones de personas y conlleva un riesgo creciente de hambrunas, malaria, inundaciones y sequías. Se debe mantener el aumento de la temperatura dentro de límites aceptables, para ello debemos reducir considerablemente nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, un hecho que tiene sentido tanto desde un punto de vista medioambiental como económico. El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido por el uso de combustibles fósiles para obtener energía y para el transporte.

### Cambio climático y seguridad del suministro

Acuciada por los recientes aumentos del precio del petróleo, la seguridad en el suministro se ha convertido en el tema más importante de la agenda política en materia de energía. Una de las razones de este aumento de precios es el hecho de que los suministros de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) son cada vez más escasos y su producción más costosa. Los días del 'petróleo y gas baratos' están llegando a su fin. El uranio, el combustible de la energía nuclear, es también un recurso finito. Por otra parte, las reservas de renovables técnicamente accesibles en todo el mundo son suficientemente grandes como para poder proporcionar hasta seis veces más de la energía que se consume actualmente en el mundo - y para siempre.

La madurez técnica y económica de las tecnologías de energía renovable varía de unas a otras, pero fuentes como la energía eólica, la biomasa, la fotovoltaica, la termosolar, la geotérmica, la de las olas y la hidroeléctrica ofrecen opciones cada vez más atractivas. Todas ellas tienen algo en común: producen cantidades muy pequeñas o ninguna de gases de efecto invernadero, y se basan en fuentes naturales prácticamente inextinguibles como 'combustible'. Algunas son ya competitivas y sus costos mejorarán aún más al desarrollarse técnicamente. Además, la escalada de precios de los combustibles fósiles y la ausencia de emisiones de dióxido de carbono de las renovables les aportan un valor económico.

A la vez, existe un enorme potencial para reducir nuestro consumo energético, ofreciendo el mismo nivel de servicios energéticos. En este estudio se detallan algunas de medidas de eficiencia energética que pueden reducir de manera importante la demanda en la industria, los hogares, oficinas y servicios.

Aunque la energía nuclear produce muy poco dióxido de carbono, su operación presenta grandes amenazas para el ser humano y para el medio ambiente, como los riesgos y daños medioambientales provocados por las minas de uranio, su procesado y transporte, el peligro de la proliferación del armamento nuclear, el problema no resuelto de los residuos radiactivos y el riesgo potencial que conlleva un accidente grave. La solución para nuestras necesidades energéticas futuras estriba, por ello, en un mayor uso de fuentes de energía renovable para la generación de calor y electricidad.

GREENPEACE

## La [R]evolución Energética

El imperativo de cambio climático exige toda una revolución energética. La piedra angular de esta revolución es un cambio en la forma de producción de la energía, su distribución y consumo. Los cinco principios claves que subyacen tras este cambio son:

- Puesta en práctica de soluciones renovables, especialmente con sistemas energéticos descentralizados.
- Respeto de los límites naturales del medio ambiente.
- Abandono progresivo de fuentes de energía sucias y no sostenibles.
- Creación de una mayor equidad en el uso de los recursos.
- Desacoplamiento del crecimiento económico del consumo de los combustibles fósiles.

Los sistemas descentralizados de energía, donde se producen electricidad y calor cerca del punto de uso final, evitan el derroche actual de energía durante su conversión y distribución. Estos serán el centro de la [R]evolución Energética, como también lo será la necesidad de proporcionar electricidad a los dos mil millones de habitantes del mundo que todavía tienen denegado el acceso a ella.

En este informe se estudian dos escenarios para 2050. El Escenario de Referencia se basa en el escenario de referencia publicado por la Agencia Internacional de la Energía en el World Energy Outlook 2007, extrapolado a partir de 2030. Comparado con las proyecciones de la AIE de 2004, en el nuevo WEO 2007 (World Energy Outlook 2007) se asume una ligera tasa de crecimiento medio anual del PIB mundial de un 3.6 por ciento, en lugar del 3.2 por ciento, para el periodo de 2005-2030. A la vez, según el WEO 2007, en 2030 se espera un consumo total de energía un 4 por ciento superior al del WEO 2004.

Se espera que China e India crezcan a un ritmo mayor que otras regiones, seguidas del grupo de otros países asiáticos en vías de desarrollo, África y las Economías de transición (principalmente la antigua Unión Soviética). Según la OCDE, la cuota del PIB ajustado a la paridad del poder de compra (PPP) global disminuirá del 55 por ciento de 2005 a un 29 por ciento para el año 2050.

El escenario de [R]evolución Energética ofrece un objetivo de reducción del 50 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono en el mundo para el año 2050 en comparación con los niveles de 1990, con una reducción de las emisiones per cápita a menos de 1.3 toneladas por año para que el aumento de la temperatura global no supere los 2°C. Un segundo objetivo es la eliminación de las centrales nucleares. Para lograr estos objetivos, el escenario incide en los importantes esfuerzos que habrá que realizar para explotar plenamente el gran potencial de la eficiencia energética. Al mismo tiempo, todas las fuentes rentables de energías renovables pueden ser utilizadas para la generación de calor y electricidad, así como para la producción de biocombustibles sostenibles.

En la actualidad las fuentes de energía renovable abastecen el 13 por ciento de la demanda energética primaria mundial. La biomasa, utilizada principalmente en el sector térmico, es la fuente de energía renovable más importante. La cuota de energías renovables en la generación de electricidad es del 18 por ciento, mientras que la contribución al suministro térmico de las renovables es de un 24 por ciento, logrado en gran medida por usos tradicionales como la madera para combustión. Alrededor del 80 por ciento del suministro de energía primaria proviene aún de los combustibles fósiles. El Escenario de [R]evolución Energética describe una ruta de desarrollo que transforma la situación actual en un suministro energético sostenible aplicando las siguientes medidas:

-La explotación del gran potencial de eficiencia energética garantizará una ligera disminución de la demanda de energías primarias de la cifra actual de 474.900 PJ/a (Peta Julios por año) (2005) a 478.420 PJ/a para 2050, comparado con la cantidad de 867.600 PJ/a del Escenario de Referencia. Esta fuerte reducción es un requisito previo crucial para lograr una cuota importante de fuentes de energía renovable en el

sistema de suministro energético global, que compensaría el cierre de las nucleares y reduciría el consumo de combustibles fósiles.

-El mayor uso de unidades de cogeneración de calor y electricidad mejora también la eficiencia de conversión energética del sistema de suministro, utilizando cada vez más gas natural y biomasa. A largo plazo, la disminución de la demanda de calor y el gran potencial para producir calor directamente a partir de fuentes de energía renovable limita la expansión de las unidades de cogeneración de calor y electricidad.

-El sector eléctrico será pionero en el uso de energías renovables. Para el año 2050, alrededor del 77 por ciento de la electricidad se producirá a partir de fuentes de energía renovable (incluyendo las grandes centrales hidroeléctricas). En 2050, una capacidad instalada de 9.100 GW producirá 28.600 teravatio hora por año (TWh/a) de electricidad renovable.

-En el sector del suministro térmico, la contribución de las renovables aumentará hasta el 70 por ciento para el año 2050. Los combustibles fósiles serán reemplazados paulatinamente por tecnologías modernas más eficientes, especialmente la biomasa, los colectores solares y la geotérmica.

-Antes de que los biocombustibles sostenibles puedan jugar un papel importante en el sector del transporte, habrá que explotar los grandes potenciales de eficiencia existentes. Al aplicarse la biomasa principalmente a aplicaciones estacionarias, la producción de biocombustibles se ve limitada por la disponibilidad de materias primas sostenibles. Los coches eléctricos jugarán un papel cada vez más importante a partir del año 2020.

-Para 2050, el 56 por ciento de la demanda de energía primaria será cubierta por fuentes de energía renovable.

Con el fin de lograr un crecimiento atractivo desde el punto de vista económico de las fuentes de energía renovable, resulta de gran importancia una incorporación a tiempo y equilibrada de todas las tecnologías renovables, algo que depende de los potenciales técnicos, los costes actuales, los potenciales de reducción de costes y de la madurez tecnológica.

### **Costes**

Los costes de generación de electricidad ligeramente mayores (comparados con los combustibles convencionales) bajo el Escenario de [R]evolución Energética se ven compensados, en gran medida, por una reducción de la demanda de electricidad. Asumiendo unos costes medios de 3 céntimos/kWh para poner en práctica medidas de eficiencia energética, el coste adicional del suministro de electricidad bajo el Escenario de [R]evolución Energética supondría un máximo de 10 mil millones de dólares por año para 2010. Estos costes adicionales, que representan la inversión de la sociedad en un suministro energético económico, inocuo desde el punto de vista medioambiental y seguro, seguirán disminuyendo después de 2010, y para 2050 los costes anuales del suministro de electricidad serían 2,9 billones de dólares inferiores a los del Escenario de Referencia.

Las predicciones apuntan a una subida media de los precios deI crudo de los 52,5 dólares por barril de 2005 a 100 dólares por barril en 2010, siguiendo con esta tónica hasta alcanzar los 140 dólares por barril en 2050. Y en cuanto al gas natural, se espera un aumento de los precios de importación de hasta cuatro veces entre 2005 y 2050, mientras que el carbón casi doblará su precio, alcanzando los 360 dólares por tonelada para 2050. Si se aplica un plus del CO<sub>2</sub>, se alcanza un precio de 10 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> en 2010 que llegará a los 50 dólares por tonelada en 2050.

### **Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Mientras que bajo el escenario de referencia, para el año 2050 se produciría una subida a casi el doble de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo -alejándose de una vía de desarrollo sostenible- bajo el Escenario de [R]evolución Energética las emisiones disminuirían de 24.350 millones de toneladas en 2003 a 10.590 millones de toneladas en 2050. Se producirá una caída de las emisiones anuales per cápita de 3,8 toneladas/cápita a 1,2 toneladas/cápita. A pesar del cierre de las centrales nucleares y del aumento de la demanda de electricidad, se producirá una disminución importante de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico. A largo plazo, las mejoras

en eficiencia y el mayor uso de vehículos eléctricos renovables, así como una notable expansión del transporte público, reducirán aún más las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector del transporte. Con una cuota del 35% del total de emisiones en 2050, el sector eléctrico reducirá notablemente, aunque seguirá siendo la principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> - seguido del transporte y la industria.

Para hacer que la [R]evolución Energética sea una realidad y evitar un cambio climático peligroso, Greenpeace exige al sector energético la puesta en marcha de las siguientes políticas y acciones:

1. Poner fin a todas las subvenciones a los combustibles fósiles y a la energía nuclear.
2. Internalizar los costes externos (sociales y medioambientales) de la producción de energía mediante el comercio de emisiones con un sistema de cuotas o techos "cap and trade".
3. Establecer una normativa estricta de eficiencia para el consumo energético de todos los electrodomésticos, edificios y vehículos.
4. Establecer objetivos de obligado cumplimiento para las energías renovables y cogeneración.
5. Reformar los mercados eléctricos garantizando el acceso prioritario a la red a generadores de renovables.
6. Garantizar beneficios definidos y estables a los inversores, por ejemplo mediante sistemas de tarifas o primas mínimas.
7. Poner en marcha mejores mecanismos de etiquetado que ofrezcan información medioambiental más completa del producto.
8. Aumentar los presupuestos de I+D dedicados a la energía renovable y a la eficiencia energética.

## Escenarios de [R]evolución Energética a largo plazo

El escenario de [R]evolución Energética nos muestra una ruta sostenible con una nueva forma de usar y producir energía hasta 2050. Greenpeace, el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y la industria de energías renovables han desarrollado ahora este escenario hasta llegar a un completo abandono de los combustibles fósiles para la segunda mitad de este siglo.

Es obvio que un escenario a largo plazo a casi 100 años no puede ser exacto porque las proyecciones de las tasas de crecimiento económico, los precios de los combustibles fósiles o la demanda global de la energía son factores especulativos que en ningún caso representan predicciones exactas. Tampoco podemos contar con un desglose regional porque no existen suficientes datos técnicos como la velocidad exacta del viento en puntos específicos, y a su vez se debe investigar aún más desde el punto de vista científico y técnico la integración en la red de elevados porcentajes de fuentes fluctuantes, tales como la eólica y la solar fotovoltaica. Pero un escenario a tan largo plazo puede darnos una idea del momento en el que será posible a nivel global un suministro de energía sin combustibles fósiles y libre de CO<sub>2</sub>, y qué capacidades de producción a largo plazo se necesitan para las fuentes de energía renovable. En este contexto hemos desarrollado dos escenarios a largo plazo diferentes: el escenario de [R]evolución Energética a largo plazo y un escenario de [R]evolución Energética más avanzado. El escenario a largo plazo sigue las mismas proyecciones hasta finales de este siglo.

Para 2050, las fuentes de energía renovable abastecerá el 56 por ciento de la demanda de energía primaria del mundo bajo el escenario de [R]evolución Energética. Su contribución a la generación de electricidad será para ese momento del 80 por ciento, y la contribución de las renovables al suministro de calor será del orden del 71 por ciento. En 2050 aproximadamente el 44 por ciento del suministro de energía primaria provendrá aún de los combustibles fósiles, principalmente el petróleo utilizado en el sector del transporte, seguido del gas y el carbón en el sector eléctrico.

El escenario de [R]evolución Energética a largo plazo continúa esta ruta de desarrollo hasta 2100 con los siguientes resultados:

**-Demanda:** se explotan en gran medida los potenciales de eficiencia energética y se estabiliza la demanda energética a los niveles de 2060.

**-Sector eléctrico:** será en el sector de la electricidad donde se dejen de usar antes los combustibles fósiles. Para 2070 se producirá más del 93 por ciento de la electricidad a partir de fuentes de energía renovable, con las centrales eléctricas de gas utilizadas principalmente para regulación. En 2100, una potencia de 23.100 GW producirá 56.800 TWh de electricidad renovable – 17 veces más que la actual.

De las tecnologías disponibles actualmente, la solar fotovoltaica, seguida de la eólica, la energía termosolar y la geotérmica, presentan los mayores potenciales en el sector eléctrico. El uso de energía oceánica podría ser mayor, pero con el estado actual de desarrollo, el potencial técnico y económico sigue siendo dudoso.

**-Calentamiento y refrigeración:** el mayor uso de la generación combinada de calor y electricidad en 2050 quedará al mismo nivel hasta 2070, para descender ligeramente a sus niveles de 2040 (5.500 TWh) hasta finales del siglo, ya que la disminución de la demanda de calor y el gran potencial para producir calor directamente a partir de fuentes de energía renovable, como los captadores solares y la geotérmica, limitan la futura expansión de la cogeneración.

-En el sector de suministro de calor, para 2080 aumentará hasta un 90% la contribución de las renovables, produciéndose el abandono completo de los combustibles fósiles poco tiempo después.

**-Transporte:** el método más importante para limitar el gasto de combustible seguirá siendo el uso eficiente de los sistemas de transporte. Los sistemas de transporte público seguirán siendo con diferencia mucho más eficientes que los vehículos individuales, pero asumimos que seguiremos necesitando los coches, especialmente en las zonas rurales. Entre 2050 y 2085 desaparecerá completamente el uso del petróleo en vehículos, siendo sustituidos por coches eléctricos. La electricidad se producirá a partir de fuentes de energía renovable.

-Para 2080, alrededor del 90% de la demanda de energía primaria estará cubierta con fuentes de energía renovable; y en 2090 la cuota de renovables alcanzará el 98,2%.

El escenario de [R]evolución Energética avanzado adopta un enfoque mucho más radical en la crisis del clima a la que se enfrenta el mundo. Si queremos frenar urgentemente las emisiones globales, debemos asumir una vida útil técnica mucho más corta para las centrales de carbón - 20 años en lugar de los 40 años actuales. De esta forma se reducirán las emisiones globales de CO<sub>2</sub> aún más rápidamente, teniendo en cuenta los datos y evidencias más recientes en materia de sensibilidad del clima. Para poder atajar el problema se aumentan las tasas de crecimiento anual de las fuentes de energía renovable, especialmente las centrales solares fotovoltaicas, eólicas y solares termoeléctricas.

Las tasas de crecimiento aumentan desde 2020 a 2050. Estas mayores tasas de crecimiento coinciden con las previsiones actuales de la industria eólica y solar (consulte el documento Global Wind Energy Outlook 2008, SolarGeneration 2008). Así, en el escenario avanzado, las capacidades para la generación de energía solar y eólica aparecen 10 a 15 años antes que las proyectadas en el escenario de [R]evolución Energética. La expansión de la cogeneración geotérmica se sitúa también 20 años antes de su despegue esperado. Los demás resultados son iguales a los del escenario de [R]evolución Energética, con los únicos cambios afectando al sector eléctrico.

El principal cambio para el sector eléctrico en el Escenario avanzado de [R]evolución Energética es que para el año 2050 se habrán cerrado todas las centrales térmicas de carbón. Entre 2020 y 2050 se sustituirá un total de alrededor de 1.200 GW de potencia por la producida por centrales solares fotovoltaicas, eólicas marinas y termosolar. Para 2050, el 86 por ciento de la electricidad se producirá a partir de fuentes de energía renovable, y el 96 por ciento para 2070. La producción energética restante basada en combustible fósil seguirá siendo de gas. Comparado con el escenario básico de [R]evolución Energética, la potencia esperada de energía renovable aparecerá 15 años antes de lo previsto, mientras que el nivel global de generación con energías renovables de 2085 en adelante seguirá siendo el mismo.

Desde el punto de vista de la industria de renovables se ve factible el aumento de estas cantidades, aunque el escenario avanzado requiere más I+D en términos de integración a gran escala en la red de las energías renovables y de mejores datos meteorológicos regionales a fin de optimizar la combinación de diferentes fuentes.

Hay que incidir en el hecho de que en el escenario de [R]evolución Energética, la mayoría de las centrales de carbón que quedan (y que serán sustituidas 20 años antes del final de su vida útil) se encuentran en China e India, lo que significa que en la práctica todas las centrales de carbón construidas entre 2005 y 2020 serán sustituidas por fuentes de energía renovable. Para poder apoyar el aumento de la potencia en los países en vías de desarrollo será necesaria una importante financiación pública, especialmente de los países industrializados y habrá que desarrollar mecanismos específicos de financiación en el marco de las negociaciones sobre el clima a nivel internacional que sean capaces de transferir la ayuda financiera a la mitigación del cambio climático, incluyendo la transferencia de tecnología. Greenpeace International ha desarrollado una opción para demostrar cómo funcionaría un mecanismo de financiación de este tipo (ver Capítulo 2).

### **Cero emisiones de CO<sub>2</sub> para 2080**

Mientras que bajo el Escenario de [R]evolución Energética las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo disminuirán en 2050 de 10.589 millones de toneladas (un 51% por debajo de los valores de 1990) a 425 millones de toneladas en 2090, bajo el escenario avanzado las emisiones se reducirán aún más rápidamente. Para 2050, bajo el escenario avanzado de [R]evolución energética podrían reducirse las emisiones de CO<sub>2</sub> un 61% por debajo de los niveles de 1990, y un 80% para el año 2075. Bajo el escenario avanzado, las emisiones anuales per cápita caerían por debajo de 1 t/cápita en 2050, comparado con la fecha de 2060 del escenario de [R]evolución energética básico.

Sólo será posible una disminución aún mayor de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 2040 y 2080 en el sector del transporte, ya que los principales emisores que quedan son los motores de combustión de los coches. No será posible sustituir los coches de combustible fósil restantes por coches eléctricos, porque esto haría subir de nuevo la demanda de electricidad. Las renovables no pueden acometer este aumento de la demanda en este periodo de tiempo, ya que con ello se superarían las tasas de crecimiento y las capacidades de la red según la tecnología actual. La única manera de recortar aún más las emisiones de los vehículos sería reducir un 40% el número de kilómetros conducidos entre 2040 y 2080.