

Soluciones de energías renovables para enfrentarse al cambio climático y a la próxima crisis mundial del agua *Por Jeremy Rifkin*

Más del 75% de la superficie de la Tierra está cubierta por el agua. De ahí que a la Tierra se le llame con frecuencia el “planeta agua”. Lamentablemente, sólo un 2,5% del agua total es dulce, y de esta fracción un 75% se encuentra confinada en los glaciares y en la nieve. Menos del 0,3% del agua dulce está disponible en aguas superficiales de ríos y lagos.¹

Aunque la escasez de agua dulce ha constituido frecuentemente un problema regional en algunas zonas del mundo, provocando la reducción e incluso el colapso de ecosistemas locales y del hábitat humano enclavado en ellos, siempre se ha presumido que dispondríamos de agua suficiente para el mantenimiento de la especie. Al fin y al cabo, las dos terceras partes del peso del cuerpo humano y de otros seres vivos se componen de agua. En la actualidad, por primera vez en los aproximadamente 175.000 años de nuestra existencia como seres humanos anatómicamente modernos, nos enfrentamos a la posibilidad muy real de inmensas alteraciones planetarias del ciclo hidrológico de la Tierra, que podrían poner en peligro nuestra supervivencia como especie.

El calentamiento global provocado por el hombre está empezando a tener importantes repercusiones en “tiempo real” sobre el ciclo hidrológico de la Tierra, provocando alteraciones en las precipitaciones estacionales y haciendo que grandes zonas de la superficie terrestre sean más vulnerables a la sequía y a la desertificación, al aumento de las inundaciones y a otros acontecimientos climáticos intensos, como los huracanes y los tornados. El calentamiento global está ocasionando también una fusión sin precedentes del casquete polar ártico, de la capa de hielo de Groenlandia y de los glaciares de las grandes cordilleras del mundo. La fusión del Ártico está produciendo ya un aumento constante del nivel de los océanos, que amenaza las zonas costeras donde habita gran parte de la población humana. La subida del mar está causando estragos en los humedales, erosionando las zonas costeras y provocando inundaciones en el interior, así como la contaminación de lagos, ríos, arroyos y tierras bajas por la salinización. Millones de seres humanos han sufrido ya la devastación provocada por las avenidas ocasionadas por el cambio climático. Muchos de los científicos más destacados del mundo afirman que los huracanes Katrina y Rita, que azotaron Nueva Orleans y la costa del Golfo de México en 2005, eran consecuencia directa del cambio climático.

La fusión de los glaciares en los principales macizos montañosos está adelantando las crecidas primaverales en los valles, reduciendo el caudal de agua dulce disponible en verano tanto para consumo humano como para el riego de cultivos.

La tremenda alteración del ciclo hidrológico está teniendo multitud de efectos que se retroalimentan, entre los que cabe destacar la propagación de enfermedades asociadas al agua, incluyendo el paludismo, el tifus, la disentería y el cólera, así como disminución o pérdidas de cosechas y un notable incremento de las enfermedades y mortalidad humanas. En la actualidad, más del 20% de la Humanidad no tiene acceso a un agua segura y 2.600 millones de personas carecen incluso del más rudimentario saneamiento. El agua contaminada es una de las principales causas de enfermedad en los países en desarrollo, afectando a la salud de 1.200 millones de personas.² La impresionante cantidad de 5 millones de personas muere todos los años por enfermedades transmitidas por el agua -diez veces más que el número víctimas ocasionadas por los conflictos armados y guerras en todo el mundo.³

Las consecuencias sanitarias de la crisis global del agua van a empeorar durante los próximos años.

Según las Naciones Unidas, el ser humano necesita un mínimo de 50 litros al día para beber, lavarse, cocinar y servicios de saneamiento, pero 1.000 millones de personas ni siquiera tienen acceso al suministro mínimo de agua para una vida digna y sostenible.⁴ Solo en Asia, más de 1.000 millones de personas podrían verse amenazadas en 2050 por situaciones de grave escasez hídrica. Y las vidas de más de 3.200 millones de seres humanos en todos los continentes podrían estar en peligro hacia 2080 debido a la escasez acuciante de agua, mientras que las hambrunas podrían afectar a otros 600 millones de personas.⁵

Los científicos y los dirigentes políticos ya hablan actualmente de “puntos calientes del agua”, reclamando atención para las regiones del mundo donde la disminución de la disponibilidad de agua dulce es preocupante en términos de sufrimiento humano, muerte y degradación de los ecosistemas a gran escala.

En África, el lago Chad, una inmensa reserva de agua dulce que abarca regiones del Chad, de Nigeria, de Níger y de Camerún, se ha reducido un increíble 95% en solo cuarenta años debido a la disminución de las lluvias monzónicas. Más de 9 millones de pescadores, ganaderos y agricultores se encuentran afectados por la escasez de agua y el consiguiente descenso de las cosechas, aumento de la mortandad del ganado, colapso de las pesquerías, incremento de la salinidad de los suelos y creciente miseria.⁶

En la India, el río Ganges está experimentando una disminución similar de caudal. El glaciar Gangotri que alimenta con sus nieves este curso fluvial está retrocediendo a un ritmo de 30 metros anuales debido al cambio climático. Además, la deforestación del Himalaya está secando los cursos de aguas subterráneas que desembocan en el Ganges.⁷

En EEUU se está agotando rápidamente el gran acuífero Ogallala, un reservorio subterráneo que ocupa unos 1.300 kilómetros cuadrados desde Tejas a Dakota del Sur y que suministra la tercera parte del agua utilizada para riego en el país. Los científicos calculan que el acuífero se secará en algunas regiones antes de 60 años, y que en otras no llegará a 250 años. La desaparición del Ogallala amenaza la capacidad de EEUU de producir alimentos para la población americana del futuro.⁸

La creciente destrucción ecológica está provocando ya migraciones humanas sin precedentes, de personas que huyen de las zonas más vulnerables en busca de agua y de nuevas formas de subsistencia. Se calcula que existen ya unos 25 millones de estos refugiados ambientales, y se prevé que para mediados de siglo esta cifra se convierta en una verdadera avalancha humana de 200 millones o más de personas desplazadas, la mayor ola de migración masiva de seres humanos de la historia.^{9 10}

Es una realidad que a largo plazo el impacto más grave del cambio climático provocado por el hombre será el asociado a las perturbaciones del ciclo hidrológico, con consecuencias incalculables para el futuro de la vida sobre la Tierra.

En enero de 2007, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) hizo público su esperado cuarto informe de evaluación. Dos mil quinientos científicos de muy variadas disciplinas y especialidades científicas de más de 130 naciones llevan años realizando estudios de campo, recopilando datos, desarrollando y aplicando modelos de simulación por ordenador y publicando trabajos, que han culminado con la presentación del informe más extenso elaborado hasta ahora sobre la situación de la biosfera terrestre. Este informe concluye que el calentamiento global provocado por la actividad humana está afectando ya al clima y a la química de la Tierra, amenazando a las especies y a los ecosistemas de los que depende nuestra supervivencia.

Según el IPCC, “la concentración atmosférica global de dióxido de carbono ha aumentado de unas 280 ppm en la época preindustrial a 379 ppm en 2005”.¹¹ Según este informe, en 2005 la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre “superó con mucho su rango de variación natural durante los últimos 650.000 años (de 180 a 300 ppm), según las muestras testigo del hielo”¹²

La concentración atmosférica global de metano -un gas de efecto invernadero 23 veces más potente que el dióxido de carbono- “aumentó de un valor preindustrial de unas 715 ppb a 1774 ppb” en 2005.¹³ Al igual que la concentración de dióxido de carbono, la concentración de metano en la atmósfera terrestre “supera con mucho” su rango de variación natural durante los últimos 650.000 años.¹⁴

La concentración atmosférica global de óxido nítrico, el tercer gas en importancia de efecto invernadero, aumentó de un valor preindustrial de 270 ppb a 319 ppb en 2005.¹⁵

La concentración en la atmósfera terrestre de estos tres gases de efecto invernadero es cada vez mayor, y están reteniendo el calor generado por la radiación solar que llega a la Tierra e impidiendo su vuelta al espacio. La consecuencia de ello es que la atmósfera terrestre se está calentando muy rápidamente. 11 de los últimos 12 años figuran entre los 12 más cálidos desde que este tipo de datos comenzaron a ser registrados en 1850.¹⁶

El calentamiento global representa la factura de entropía de la revolución industrial. Hemos desenterrado los restos orgánicos del Jurásico, quemando ingentes cantidades de carbón, de petróleo y de gas natural, para catapultarnos hacia una forma de vida industrial y urbana. El dióxido de carbono consumido -la entropía- está ahora saturando la atmósfera, impidiendo que el calor salga del planeta. La era de los combustibles fósiles propició también la aparición de la agricultura industrial, así como un cambio histórico de alimentación hacia una dieta cárnica cada vez más extendida, basada en la cría intensiva de ganado con cereales. Los modernos sistemas ganaderos y de producción cárnica, especialmente de vacuno, producen inmensas cantidades de metano así como de dióxido de carbono y de óxido nitroso, y son actualmente la segunda causa del calentamiento global, tras la energía consumida en los edificios.¹⁷ La tercera causa del calentamiento son las emisiones de dióxido de carbono del transporte mundial.

El IPCC estima que si se duplica la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera durante el siglo actual, la superficie terrestre se calentaría probablemente entre 2 y 4,5 grados centígrados, siendo lo más probable un aumento de la temperatura de 3 grados. Sin embargo, los científicos advierten de que la temperatura de la Tierra podría subir "bastante más" que los 4,5 grados, según pronostican algunos de los modelos de simulación.¹⁸

Incluso un aumento de solo 3 grados en la temperatura, pronóstico que algunos científicos califican de muy prudente dados los posibles efectos de retroalimentación positiva no previstos todavía, supondría retroceder a la temperatura que tenía la Tierra hace 3 millones de años, durante el Plioceno. El mundo era muy distinto en aquella época del que conocemos hoy día.

Más alarmante aún si cabe, el grupo de expertos estima que un aumento de la temperatura de entre 1,5 a 3,5 grados o más durante los próximos 100 años supondría la posible amenaza de extinción para entre el 20% y más del 70% de las especies que habitan la Tierra.¹⁹ Para hacernos una idea de la magnitud de este problema, debemos tener en cuenta que durante los 450 millones de años de vida en la Tierra ha habido cinco grandes extinciones biológicas, y que la biodiversidad perdida tardó unos 10 millones de años en recuperarse tras cada gran exterminio.²⁰

La Humanidad no es consciente todavía de la enorme trascendencia de los cambios que está sufriendo la Tierra, a medida que aumenta la temperatura del planeta. Lo más preocupante para la comunidad científica es la aceleración del cambio climático. Los tres anteriores informes de evaluación de Naciones Unidas subestimaban la rapidez con que se están produciendo las alteraciones del clima de la Tierra, así como las consecuencias del aumento de la temperatura para los ecosistemas.

El anterior informe de Naciones Unidas, publicado en 2001, hace seis años, señalaba por ejemplo que las grandes cumbres nevadas de los macizos montañosos del mundo ya estaban afectadas por el deshielo. Sin embargo, en el actual informe de 2007 los científicos advierten que el manto de nieve y de hielo que cubre determinadas regiones está retrocediendo incluso más rápidamente de lo que se había previsto.^{21 22} En algunas regiones se prevé que los glaciares pierdan más del 60% de su volumen para 2050.^{23 24}

Igualmente, el anterior informe planteaba que era preocupante el posible incremento en intensidad de los huracanes, mientras que el publicado en 2007 afirma que esta intensidad ha aumentado realmente durante los últimos 30 años, siendo mucho mayor el número de huracanes clasificados como de fuerza 4 y 5.²⁵ Un estudio publicado en 2005 por la revista *Science* afirma que el número de huracanes clasificados como de fuerza 4 y 5 se ha duplicado desde la década de 1970.²⁶

Por último, aunque informes anteriores reconocían que la fusión del hielo ártico ya estaba ocurriendo, el de 2007 prevé que a mediados de este siglo la superficie cubierta en verano por el hielo se reducirá posiblemente un 75% en grandes regiones del Océano Ártico, pudiendo abrirse éste al tráfico comercial.^{27 28}

Estas proyecciones están subestimadas porque los modelos utilizados actualmente para pronosticar el cambio climático no pueden prever cada uno de los posibles bucles de retroalimentación positiva que podrían desencadenar una situación crítica en la totalidad de la biosfera, provocando nuevos aumentos de temperatura. Por ejemplo, aunque el actual

informe de la ONU menciona la fusión del permafrost en las regiones ártica y subártica de Siberia, señalando algunas de sus posibles consecuencias, no se aborda exhaustivamente la posibilidad de que este fenómeno desencadene un cambio cualitativo en el régimen de temperaturas de la Tierra. Estudios recientes realizados en la región subártica de Siberia y publicados por la revista *Nature* sugieren la posibilidad de un formidable bucle de retroalimentación positiva, que podría provocar una liberación catastrófica de dióxido de carbono y de metano, acelerando el aumento de la temperatura en la Tierra más allá de los límites previstos en los actuales modelos.²⁹

Gran parte de la región subártica siberiana, del tamaño de Francia y Alemania juntas, es una inmensa turbera congelada. Antes de la última glaciación, casi toda la zona eran praderas, repletas de vida salvaje. El avance de los glaciares sepultó la materia orgánica bajo el permafrost, donde ha permanecido desde entonces. Aunque gran parte de Siberia carece actualmente de vegetación, bajo el permafrost hay tanta materia orgánica como en los bosques tropicales de todo el mundo.

El permafrost se está deshelando actualmente, como consecuencia del aumento constante de las temperaturas debido al CO₂ y a otras emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en tierra como en el agua. Si el permafrost se funde en presencia de oxígeno, en tierra, la descomposición de la materia orgánica produce CO₂. Si se funde bajo el agua, en ausencia de oxígeno, la materia en descomposición libera metano a la atmósfera. El metano es el gas más potente de efecto invernadero, con un efecto 23 veces mayor que el CO₂.

Los investigadores están empezando a alertar sobre la posibilidad de que se alcance un punto de no retorno durante este siglo, pues la liberación de dióxido de carbono y de metano puede provocar un efecto de retroalimentación incontrolable, calentando espectacularmente la atmósfera que, a su vez, calentaría las tierras, los lagos y los fondos marinos, acelerando la fusión del permafrost y liberando más dióxido de carbono y metano a la atmósfera. Una vez alcanzado este umbral, no hay posibilidad alguna de intervención humana, tecnológica ni política, para detener el efecto de retroalimentación descontrolada. Los científicos sospechan que en un pasado muy remoto, entre periodos glaciares e interglaciares, han ocurrido acontecimientos similares.

En un estudio publicado por la revista *Nature* en 2006 y por *Philosophical Transactions of the Royal Society* en mayo 2007,^{30 31 32} la Dra. Katey Walter, del Instituto de Biología Ártica de la Universidad de Alaska en Fairbanks, y su equipo de investigación, señalaban que la fusión del permafrost es una gigantesca “bomba de relojería”.

Los impactos del cambio climático sobre el ciclo del agua en la Tierra son de gran alcance, según el informe de Naciones Unidas sobre cambio climático. A su vez, las alteraciones del ciclo hidrológico repercutirán más que ningún otro cambio sobre los ecosistemas y las especies.

La subida de las temperaturas aumenta la evaporación, liberando más vapor de agua a la atmósfera. Según el informe de Naciones Unidas, una subida de 1 grado centígrado en la temperatura supone un incremento de un 7% en la capacidad de retención de humedad de la atmósfera.³³ Las alteraciones de la capacidad atmosférica de retención de humedad afectan al ciclo hidrológico, especialmente en cuanto se refiere al volumen, frecuencia, intensidad, duración y tipos de precipitación. El efecto más importante de un aumento del vapor de agua sería “precipitaciones más intensas, pero más breves y/o menos frecuentes”.³⁴ Como consecuencia, algunas regiones se verán afectadas por inundaciones más intensas y sequías más prolongadas cada año. En comarcas del sudeste asiático se concentrarán los flujos hídricos, provocando graves inundaciones durante una parte del año y una menor disponibilidad de agua durante el resto del año debido a la merma de caudal en ríos y lagos. Se prevé que para mediados de siglo el caudal medio de los ríos y la disponibilidad de agua disminuirá entre un 10 y un 30% en algunas regiones secas de latitudes medias, así como en las regiones tropicales secas que ya padecen estrés hídrico.³⁵

Se prevé también que el agua almacenada en los glaciares y en el manto de nieve disminuirá considerablemente, reduciendo el volumen de agua dulce disponible para una sexta

parte de la población humana, que vive en regiones cuyo suministro se nutre de la fusión de la nieve de las montañas.³⁶

Las alteraciones del ciclo hidrológico se dejarán sentir con más intensidad en África, donde más del 70% de la población vive de la agricultura, casi toda de secano.³⁷ Para 2020, se prevé que entre 75 y 250 millones de personas se vean afectadas negativamente en África por el estrés hídrico provocado por el cambio climático.³⁸ En algunos países la productividad de los cultivos podría reducirse hasta un 50% para 2020.³⁹

Se estima que la producción de cereales disminuirá en una tercera parte en el conjunto del África sub-sahariana durante el próximo medio siglo, a medida que aumenten las inundaciones y se extiendan las sequías por la subida de las temperaturas debido al cambio climático.⁴⁰

La subida del nivel del mar afectará de manera importante a las zonas bajas costeras hacia finales de siglo, provocando daños y millones de desplazados. La destrucción de infraestructuras, propiedades y empleos será probablemente tan grande como la provocada por los huracanes Katrina y Rita en Estados Unidos en 2005. Se estima que la adaptación de las infraestructuras a las condiciones cambiantes del clima podría superar el 10% del producto interior bruto.⁴¹

Según el IPCC, la reducción en la disponibilidad de agua dulce en las regiones del sudeste, este y centro de Asia que ocasionará el cambio climático podría afectar negativamente a más de 1.000 millones de personas.⁴² El panorama es especialmente preocupante en las regiones densamente pobladas de los grandes deltas fluviales, enormemente vulnerables tanto a las inundaciones provocadas por la subida del mar como por los cursos fluviales.⁴³

Europa se verá afectada especialmente por "el retroceso de los glaciares, temporadas más largas de cultivo, variaciones de distribución de las especies, así como impactos sanitarios ocasionados por olas de calor de una intensidad sin precedentes".⁴⁴

Es probable que inundaciones costeras y desbordamientos más frecuentes, así como procesos erosivos, deterioren gravemente los ecosistemas y amenacen las infraestructuras. Según algunos modelos climáticos, en algunas regiones la pérdida de especies podría superar el 60%.⁴⁵ El sur de Europa, que ya padece olas de calor y de sequía, será afectado probablemente por una disminución considerable de la disponibilidad de agua y por un descenso a largo plazo de los rendimientos agrícolas. Los incendios y las olas de calor se harán más frecuentes, poniendo en peligro la salud y la seguridad humana.⁴⁶ Europa Central y Oriental se enfrentarán previsiblemente a amenazas similares debido al estrés hídrico. La productividad de los bosques disminuirá considerablemente.⁴⁷

El aumento de las temperaturas beneficiará al norte de Europa en algunos aspectos, reduciendo por ejemplo la necesidad de calefacción e incrementando los rendimientos de los cultivos y el crecimiento de los bosques. Pero el Grupo de Expertos de Naciones Unidas advierte que estos beneficios serán efímeros, desapareciendo a medida que avanza el siglo y que el cambio climático provoque impactos negativos, como un aumento de las inundaciones, que anularían cualquier beneficio derivado de la subida inicial de las temperaturas.⁴⁸

En América del Sur, la Amazonía experimentará alteraciones de enorme magnitud, con consecuencias descomunales para la biodiversidad del planeta. Se estima que la disminución de la humedad de los suelos "llevará a la sustitución gradual del bosque tropical por la sabana en la Amazonía oriental".⁴⁹ Esta transformación provocará la extinción masiva de especies vegetales y animales del último reservorio de diversidad biológica a gran escala de la Tierra. El retroceso de los glaciares y las alteraciones del ciclo hidrológico tendrán profundas repercusiones en términos de disponibilidad de agua, con consecuencias nefastas para la agricultura y la seguridad alimentaria.⁵⁰

En Norte América, el calentamiento ya iniciado de las zonas montañosas occidentales reducirá el manto de nieve, aumentando las inundaciones en invierno y reduciendo el caudal de agua disponible durante la temporada de cultivo en los meses de verano. Las regiones agrícolas de California están sufriendo ya los impactos negativos del cambio climático. Algunos investigadores predicen que a medida que se agravan las condiciones de sequía de los estados occidentales, la agricultura de California resultará "diezmada" por la falta de agua para

riego.⁵¹ Por primera vez, los investigadores están planteándose algo inimaginable: ¿Habrá suficiente agua para satisfacer las necesidades de los millones de personas que viven en el sur de California y en los estados vecinos? El lago Mead, que suministra agua dulce a más de 8 millones de habitantes de Los Angeles, San Diego y Las Vegas, podría secarse antes del 2021, según un estudio publicado recientemente por científicos del Instituto Scripps de Oceanografía de la Universidad de California San Diego.⁵² Las zonas costeras del Golfo de México y de la costa Este estarán expuestas a una actividad más intensa de los huracanes -de fuerza 3, 4 y 5-, con la posibilidad de pérdidas graves de vidas humanas y propiedades, así como destrucción de infraestructuras.⁵³

Uno de los impactos más importantes del cambio climático sobre el ciclo hidrológico es la posible fusión de los casquetes polares de Groenlandia y del Ártico occidental. Un aumento de 1 grado de la temperatura originaría la fusión del hielo durante varios siglos, provocando una subida del nivel del mar de entre cuatro y seis metros, pero incrementos de más de 4 grados desencadenarían multitud de bucles retroalimentados, acelerando el calentamiento y los procesos de fusión y dando lugar a una subida espectacular del nivel del mar que inundaría las zonas costeras de todo el mundo, con repercusiones catastróficas para la población humana que vive en las costas o en sus alrededores.⁵⁴

El Grupo de Expertos de Naciones Unidas ha dejado claro que el calentamiento global está provocando actualmente una crisis del agua de colosales dimensiones. Afrontar el cambio climático constituye nuestra única esperanza para evitar la inminente desestabilización del ciclo hidrológico, eludiendo así la destrucción a gran escala de los ecosistemas de la Tierra y la extinción en masa de las especies. La raíz del problema es nuestro sistema energético basado en combustibles fósiles, causante del calentamiento global acelerado inducido por la actividad humana. La posibilidad de restablecer el ciclo hidrológico de la Tierra dependerá de nuestra capacidad de lograr una transición rápida de la época de los combustibles fósiles a un futuro energético con emisiones cero.

ENCABEZANDO EL AVANCE HACIA LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

En la primera mitad del siglo XXI nos estamos aproximando al ocaso de la era del petróleo. El precio del petróleo sigue subiendo en los mercados internacionales y se vislumbra ya un descenso de la producción mundial durante las próximas décadas. Al mismo tiempo, el espectacular aumento de emisiones de dióxido de carbono asociado a la quema de combustibles fósiles está aumentando la temperatura de la Tierra y amenaza con provocar una alteración sin precedentes del clima global y de la química del planeta, con consecuencias fatídicas para el futuro de la civilización humana y los ecosistemas.

El creciente coste de la energía procedente de los combustibles fósiles, así como el deterioro del clima y los desequilibrios ecológicos, son factores determinantes que condicionarán y limitarán las decisiones económicas y políticas del próximo medio siglo. La cuestión económica fundamental que deben plantearse todos los países y empresas es cómo lograr una economía global sostenible durante estas décadas de ocaso de un sistema energético cuyas crecientes externalidades y deficiencias empiezan a pesar más de lo que en su día se consideraron unos beneficios potenciales enormes.

Si bien es cierto que el petróleo, el carbón y el gas natural seguirán suministrando una fracción importante de la energía mundial y de la Unión Europea hasta bien entrado el siglo XXI, existe un consenso creciente de que estamos entrando en un periodo de decadencia de estas energías, en el que los costes de nuestra adicción a los combustibles fósiles están empezando a ser un lastre para la economía mundial. En este periodo de decadencia, los 27 estados miembros de la Unión Europea están haciendo todos los esfuerzos posibles para que las reservas de combustibles fósiles se utilicen de manera más eficiente, y están experimentando con tecnologías de energías limpias con miras a reducir las emisiones de dióxido de carbono producidas por la quema de combustibles convencionales. Estos esfuerzos se inscriben en el mandato de la UE para que los estados miembros aumenten un 20% la eficiencia energética y reduzcan un 20% sus emisiones de efecto invernadero para 2020 respecto a los niveles de 1990.

Sin embargo, una mayor eficiencia energética y la reducción obligatoria de los gases de efecto invernadero no son suficientes por sí solas para afrontar adecuadamente la crisis sin precedentes del calentamiento global y el agotamiento de las reservas de petróleo y de gas. De cara al futuro, es preciso que todos los gobiernos estudien nuevas opciones energéticas y establezcan nuevos modelos económicos para reducir las emisiones, acercándose a cero lo más posible.

LAS GRANDES REVOLUCIONES ECONÓMICAS DE LA HISTORIA: CONVERGENCIA DE NUEVOS SISTEMAS ENERGÉTICOS Y DE COMUNICACIÓN

Los grandes cambios económicos que han sido decisivos en la historia mundial sucedieron al converger nuevos sistemas energéticos con nuevos sistemas de comunicación. Cuando se ha dado este tipo de convergencia, las sociedades se han reorganizado, adoptando formas completamente nuevas. Por ejemplo, las primeras sociedades agrícolas en utilizar técnicas hidráulicas -Mesopotamia, Egipto, China y la India- inventaron la escritura para gestionar el cultivo, el almacenamiento y la distribución de cereales. Los excedentes de cereal almacenados permitieron la expansión de la población y la alimentación de una mano de obra esclava que, a su vez, proporcionaba la "fuerza de trabajo" necesaria para el funcionamiento de la economía. La convergencia entre comunicación escrita y energía almacenada en forma de excedentes de cereal marcó el inicio de la revolución agrícola, dando origen a civilización propiamente dicha.

La primera revolución industrial de principios de la edad moderna fue resultado de la conjunción de la tecnología de vapor alimentada con carbón y la imprenta. Hubiera sido imposible utilizar los antiguos códices y las formas orales de comunicación para organizar el espectacular aumento del ritmo, la velocidad, el flujo, la densidad y la conectividad de la actividad económica que hizo posible el motor a vapor. A finales del siglo XIX y durante las dos terceras partes del siglo XX, una primera generación de tecnologías de comunicación eléctricas -el telégrafo, el teléfono, la radio, la televisión, las máquinas de escribir eléctricas, las calculadoras, etc.- convergió con la introducción del petróleo y del motor de combustión interna, convirtiéndose en el mecanismo de mando y control de las comunicaciones para organizar y comercializar la segunda revolución industrial.

La década de 1990 fue testigo de una gran revolución de las comunicaciones. La segunda generación de medios de comunicación eléctricos -ordenadores personales, Internet, la Gran Red Mundial (Web) y las tecnologías de comunicación sin cable- lograron conectar a la velocidad de la luz el sistema nervioso central de más de mil millones de personas. Y aunque las nuevas revoluciones del software y de la comunicación han empezado a incrementar la productividad en todas las industrias, su verdadero potencial no se ha desarrollado todavía. Dicho potencial reside en su convergencia con las energías renovables, almacenadas parcialmente en el hidrógeno, para crear los primeros sistemas de energías "descentralizadas".

Los mismos principios de diseño y las mismas tecnologías inteligentes que hicieron posible Internet y unas inmensas redes de comunicación global descentralizada, serán utilizados para reconfigurar las redes eléctricas, de forma que la gente pueda producir energías renovables y compartirlas entre sí, al igual que hoy día se produce y comparte información, generando una forma nueva y descentralizada de utilización de la energía. En los Estados Unidos y en Europa se están ensayando actualmente "redes interconectadas" rudimentarias.

Imaginemos un futuro en el que millones de personas producen y acceden a energías renovables generadas localmente, en sus propios hogares, oficinas, fábricas y vehículos, utilizando hidrógeno para almacenar esta energía intermitente y compartiéndola con otras personas en una red inteligente interconectada de ámbito europeo. El hidrógeno es un medio de almacenamiento universal que permite almacenar energías renovables intermitentes, al igual que la tecnología digital es un medio universal de almacenamiento de texto, sonido, imágenes, datos y otras formas de comunicación.

Se plantea con frecuencia la pregunta de si las energías renovables pueden proporcionar a largo plazo suficiente potencia para hacer funcionar una economía nacional o global. Al igual que la segunda generación de tecnologías de información en red permite a las empresas conectar miles de ordenadores, creando una potencia de computación descentralizada mucho mayor que incluso los ordenadores centralizados más potentes, millones de productores locales de energías renovables, utilizando hidrógeno como medio de almacenamiento y redes eléctricas inteligentes, podrían generar mucha más potencia descentralizada que las antiguas formas de producción energética centralizada -a partir de petróleo, carbón, gas natural y nucleares- de las que dependemos actualmente.

La creación de un sistema de energías renovables, almacenadas parcialmente en forma de hidrógeno y distribuidas a través de redes inteligentes interconectadas, abre las puertas a una Tercera Revolución Industrial y debería tener un efecto multiplicador tan potente en el siglo XXI, como la convergencia de la imprenta y de la máquina de vapor en el XIX, y la conjunción de las comunicaciones eléctricas, el petróleo y el motor de combustión interna en el siglo XX. Se vislumbra ya en el horizonte esta Tercera Revolución Industrial, y la primera región capaz de aprovechar plenamente su potencial, será quien marque el ritmo de desarrollo económico del resto del siglo.

La Unión Europea (UE) ha iniciado ya el camino hacia una Tercera Revolución Industrial, decretando que para 2020 el 20% de toda su energía se genere a partir de fuentes renovables. Al comprometerse con un futuro basado en las energías renovables, la UE ha puesto la primera piedra de una nueva era económica sostenible con emisiones cero. Sin embargo, para completar los cimientos es preciso contar con otros dos pilares adicionales: la introducción de pilas de combustible de hidrógeno y de otras tecnologías para almacenar formas intermitentes de energías renovables, incluyendo baterías y sistemas individuales de bombeo de agua; y la creación de una red eléctrica continental inteligente, que permita producir y compartir energías renovables descentralizadas con la misma transparencia y facilidad de acceso con la que actualmente producimos y compartimos información en Internet.

LOS TRES PILARES DE LA TERCERA REVOLUCION INDUSTRIAL

Las energías renovables -solar, eólica, hidráulica, geotérmica, marina y de biomasa- constituyen el primero de los tres pilares de la Tercera Revolución Industrial. Aunque estas energías del futuro representan todavía un pequeño porcentaje de la producción energética global, están creciendo con rapidez a medida que los gobiernos establecen objetivos y metas obligatorias para su introducción generalizada en el mercado, y que ganan en competitividad al reducir su coste. Se están invirtiendo miles de millones de euros de capital público y privado en la investigación, el desarrollo y la expansión de los mercados de estas energías, a medida que empresas y particulares intentan reducir su huella de carbono y mejorar su eficiencia e independencia energética.

El pilar de energías renovables de la Tercera Revolución Industrial requiere la introducción simultánea de un segundo pilar. Maximizar el uso de las energías renovables y minimizar su coste requiere desarrollar sistemas de almacenamiento que faciliten la transformación del suministro intermitente de estas energías en recursos energéticos fiables. Las baterías, las bombas de agua individuales y otros sistemas tienen una capacidad limitada de almacenamiento. Existe sin embargo un medio de almacenamiento ampliamente disponible y relativamente eficiente. El hidrógeno es el medio universal para "almacenar" todo tipo de energías renovables, con el fin de asegurar un suministro estable en la producción de energía y, lo que es igualmente importante, en el transporte.

El hidrógeno es el elemento más ligero y abundante del universo, generando solamente agua y calor como subproductos cuando se utiliza como fuente de energía. Nuestras naves espaciales se han propulsado durante más de 30 años con pilas de alta tecnología que utilizan hidrógeno como combustible.

En la Tierra hay hidrógeno por todas partes, pero rara vez se encuentra en estado libre en la Naturaleza, por lo que hay que extraerlo de los combustibles fósiles, del agua o de la

biomasa. Hoy en día, la manera más económica de producir hidrógeno es a partir del gas natural, mediante un proceso de reformado con vapor de agua. Sin embargo, las reservas de gas natural son finitas, como las de petróleo, por lo que no resulta una fuente fiable. También se puede extraer hidrógeno del carbón y de las arenas bituminosas, si bien esto aumentaría drásticamente las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Se podría utilizar asimismo la energía nuclear, pero ello aumentaría enormemente el volumen de residuos radiactivos peligrosos, incrementaría de forma importante la utilización de agua dulce para refrigerar los reactores, supondría una amenaza grave a la seguridad en esta época de terrorismo, y acrecentaría extraordinariamente el coste de la energía para consumidores y contribuyentes.

Sin embargo, hay otra forma de utilizar el hidrógeno, como medio de almacenamiento para todo tipo de energías renovables. Cada vez se utilizan más las energías renovables - fotovoltaica, eólica, hidráulica, geotérmica y marina- para la producción de electricidad. Esta electricidad puede utilizarse a su vez para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno, mediante un proceso denominado electrolisis. El hidrógeno puede extraerse también de cultivos energéticos, residuos forestales y animales y basuras orgánicas -conocidos como biomasa- sin necesidad de someterlos al proceso de electrolisis.

Hay que subrayar que una sociedad basada en las energías renovables es viable en la medida en que parte de esa energía pueda ser almacenada en forma de hidrógeno. Esto es debido a que las energías renovables son intermitentes. No siempre brilla el sol, ni sopla el viento, ni fluye el agua si hay sequía, y la producción agrícola es variable. Si no hay energía renovable disponible, no es posible generar electricidad y se paraliza la actividad económica. Sin embargo, si parte de la electricidad generada cuando hay abundancia de energía renovable se utiliza para extraer del agua hidrógeno, que puede ser almacenado para su uso posterior, la sociedad dispondrá de un suministro constante de energía. Complementarían al hidrógeno para garantizar un abastecimiento seguro de la energía disponible otras tecnologías de almacenamiento, incluyendo baterías de flujo, bombas de agua, volantes de inercia, ultracapacitores y similares, que proporcionarían capacidad nicho de almacenamiento distribuida por toda la red eléctrica inteligente. El hidrógeno también puede ser producido a partir de biomasa y almacenado de forma análoga.

Brasil es un ejemplo aleccionador para otros países sobre las consecuencias de depender de una energía renovable intermitente para producir electricidad sin tener en cuenta la necesidad de almacenar una parte en forma de hidrógeno con el fin de garantizar un suministro eléctrico constante a la red. Más del 80% de la electricidad de Brasil se genera a partir de una fuente energética renovable: el agua.⁵⁵ En 2001 Brasil padeció una fuerte sequía. El caudal disponible de agua se redujo y la generación eléctrica disminuyó, provocando apagones en varias comarcas del país. Si Brasil hubiese tenido una infraestructura de hidrógeno, podría haber utilizado parte del excedente de electricidad, generado cuando el nivel del agua estaba alto, para producir hidrógeno por electrolisis y almacenarlo para la producción de energía durante la sequía.

Aunque el aprovechamiento de las energías renovables es cada vez más competitivo, el coste del hidrógeno sigue siendo relativamente alto. Sin embargo, los nuevos avances tecnológicos y las economías de escala están reduciendo espectacularmente estos costes año tras año. Además, las pilas de combustible de hidrógeno son como mínimo el doble de eficientes que el motor de combustión interna. Por otro lado, los costes directos e indirectos del petróleo y del gas natural en los mercados mundiales van a seguir subiendo. A medida que nos aproximamos al punto de intersección entre el descenso de los precios de las energías renovables y el hidrógeno y la subida de los precios de los combustibles fósiles, el antiguo sistema energético dará paso a una nueva era de la energía.

El Consejo de la Unión Europea estableció las bases para una transición hacia la Tercera Revolución Industrial en marzo 2007. La Unión Europea se ha convertido así en la primera superpotencia que adopta un compromiso vinculante para producir el 20% de su energía de fuentes renovables en 2020.⁵⁶

Cuando la aportación de las energías renovables a la generación eléctrica sea significativa, incluso una interrupción temporal de la radiación solar, del viento o del flujo hidráulico podría provocar una situación de escasez del suministro, con subida de precios, grandes apagones y apagones parciales. Si la Unión Europea quiere garantizar un suministro estable de energía, será fundamental la utilización del hidrógeno como “vector de almacenamiento” de energías renovables. El hidrógeno es también la forma más adecuada de almacenar y de utilizar las energías renovables para el transporte.

La Comisión Europea reconoce que el desarrollo de la capacidad de almacenamiento en pilas de combustible de hidrógeno facilitaría enormemente la creciente utilización de las energías renovables, por lo que creó en 2003 la Plataforma Tecnológica del Hidrógeno, un esfuerzo descomunal en materia de investigación y desarrollo que pretende situar a Europa a la cabeza de la carrera por un futuro basado en el hidrógeno.⁵⁷

Las regiones y los gobiernos de toda Europa han comenzado ya a establecer programas de investigación y desarrollo del hidrógeno y están en las etapas iniciales de introducción de las tecnologías de hidrógeno en el mercado.

En 2006 la República Federal Alemana destinó 500 millones de Euros a la investigación y el desarrollo del hidrógeno y empezó a elaborar un programa para la creación de una hoja de ruta nacional en materia de hidrógeno, con el objetivo declarado de liderar a Europa y al mundo hacia la era del hidrógeno en 2020.⁵⁸ En varias intervenciones públicas en 2007, la canciller Angela Merkel y algunos miembros de su equipo han abogado por una Tercera Revolución Industrial.⁵⁹

En Octubre 2007, la Comisión Europea anunció una colaboración público/privada de miles de millones de euros para acelerar la introducción de la economía del hidrógeno en los 27 Estados miembros de la Unión Europea, centrándose principalmente en la producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables de energía.

Con su ambiciosa apuesta por las energías renovables y su financiación de un agresivo programa de I+D sobre tecnología de pilas de combustible de hidrógeno, la UE ha erigido los dos primeros pilares de la Tercera Revolución Industrial. El tercer pilar, la transformación de la red europea de abastecimiento aplicando el modelo de Internet, que permitiría a las empresas y a los propietarios de viviendas producir y compartir su propia energía, está siendo ensayado actualmente en Europa por las compañías eléctricas.

La red inteligente interconectada se compone de tres elementos fundamentales: ^{0}Minigrids allow homeowners, small and medium size enterprises (SMEs), and large scale economic enterprises to produce renewable energy locally—through solar cells, wind, small hydro, animal and agricultural waste, garbage, etc.—and use it off-grid for their own electricity needs. ^{<}>100{>}Miniredes, que permiten a los propietarios de viviendas, a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y a las grandes compañías producir energías renovables localmente - mediante paneles solares, instalaciones eólicas, minicentrales hidroeléctricas, residuos agrícolas y animales, basuras, etc- y utilizar estas energías directamente para satisfacer sus necesidades de electricidad. ^{0}Miniredes que permiten a los propietarios de viviendas, a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y a las grandes compañías producir energías renovables localmente -mediante paneles fotovoltaicos, instalaciones eólicas, minicentrales hidroeléctricas, residuos agrícolas y animales, basuras, etc- y utilizarlas para cubrir sus necesidades eléctricas cuando no estén conectados a la red. ^{<}>0{>} ^{<0}} Tecnología de contadores inteligentes, que permite a los productores locales vender su energía más eficazmente a la red principal de suministro, así como obtener electricidad de la red, consiguiendo así que el flujo de electricidad sea bidireccional. Y tecnología de redes inteligentes, basada en sensores y chips repartidos a lo largo de toda la red conectando todos los aparatos eléctricos. El software permite a toda la red saber cuanta energía está siendo utilizada en cada momento y en cualquier punto de la red de suministro. Esta interconectividad puede ser utilizada para reconducir el consumo y los flujos de energía en los picos y en los momentos de menor demanda, e incluso para adaptarse a las oscilaciones del precio de la electricidad.

En el futuro, las redes eléctricas inteligentes estarán cada vez más conectadas en tiempo real con las variaciones meteorológicas -registrando cambios de viento, de la radiación solar, de la temperatura ambiente, etc.- permitiendo a la red eléctrica regular

constantemente el flujo eléctrico, adaptándolo a las condiciones meteorológicas y a la demanda de los consumidores. Por ejemplo, si hay riesgo de sobrecarga en la red debido a un exceso de demanda durante los picos de consumo, el programa informático puede dar ordenes a la lavadora de un hogar para que utilice un programa de lavado que requiera menos potencia, o bajar 1 grado el termostato del aire acondicionado. Los consumidores que acepten este tipo de pequeños ajustes en el uso de la electricidad se beneficiarían de una tarifa especial. Puesto que el precio real de la electricidad varía a lo largo de las 24 horas, la información energética en tiempo real abre las puertas a un sistema de “precios dinámicos”, que permitiría a los consumidores aumentar o reducir automáticamente su consumo energético en función del precio de la electricidad de la red. La fijación de precios en tiempo real también permitirá a los productores locales de energía de las miniredes vender automáticamente su energía a la red o desconectarse totalmente de la misma.

La red inteligente interconectada no solo otorgará a los consumidores finales mayor capacidad de decisión sobre sus opciones energéticas, sino que favorecerá una eficiencia mucho mayor en la distribución eléctrica.

Es interesante constatar que el nuevo plan energético de la UE ha previsto la red interconectada, exigiendo el desacoplamiento de la red eléctrica, o al menos su creciente independencia de las compañías eléctricas que también generan energía, de manera que los nuevos agentes -especialmente las pequeñas y medianas empresas y los propietarios de viviendas- tengan la posibilidad de producir y vender electricidad a la red con la misma facilidad y transparencia con la que actualmente generan y comparte información en Internet. La Comisión Europea ha creado también una Plataforma Tecnológica Europea de Redes Eléctricas Inteligentes y redactó en 2006 un documento estratégico con una visión a largo plazo para la reconfiguración de la red eléctrica europea con el fin de transformarla en una red inteligente, descentralizada e interactiva.⁶⁰

En 2007, el Parlamento Europeo adoptó una declaración escrita exigiendo una transición a las energías renovables, a una economía del hidrógeno y la creación de redes eléctricas inteligentes -los tres pilares fundamentales de la Tercera Revolución Industrial.⁶¹ La declaración fue firmada por una mayoría aplastante de parlamentarios, por los líderes de los siete partidos políticos europeos más importantes y por Hans Poettering, Presidente del Parlamento de la Unión Europea. El Parlamento Europeo se convirtió así en el primer órgano legislativo del mundo que refrendaba oficialmente la estrategia de los tres pilares para dar paso a la Tercera Revolución Industrial.

LA PROXIMA ETAPA DE LA INTEGRACION EUROPEA

En sus orígenes, la Unión Europea reunió a una serie de países en torno a una política energética común, constituyendo inicialmente la Comunidad Económica del Carbón y del Acero y creando EURATOM poco después. Actualmente, en el 50 Aniversario de la creación de la Comunidad Europea, la política energética vuelve a ser una prioridad fundamental para el futuro de Europa.

La industria europea tiene los conocimientos científicos, tecnológicos y financieros para encabezar la transición hacia las energías renovables, una economía del hidrógeno y una red eléctrica inteligente, liderando así al mundo hacia una nueva era económica. La industria del automóvil, la ingeniería, la construcción, la industria informática y de las telecomunicaciones, los sectores químicos, bancario y de seguros de la UE, son una referencia a nivel mundial y llevan la delantera en la carrera hacia la Tercera Revolución Industrial. La Unión Europea cuenta asimismo con uno de los mayores mercados mundiales de energía solar y es el mayor productor mundial de energía eólica.

La UE también es líder en I+D y en aplicaciones comerciales de las pilas de combustible de hidrógeno. En toda Europa se están desarrollando y ensayando tecnologías de pilas de combustible portátiles, fijas y transportables, y los primeros productos están comenzando a salir al mercado. Multitud de carretillas elevadoras, motocicletas, coches, autobuses y camiones están siendo ensayados efectivamente en las carreteras de los países miembros de la UE. Ya está funcionando el primer submarino alemán propulsado por hidrógeno; en Holanda y

Alemania se están desarrollando los primeros transbordadores movidos por hidrógeno, y está previsto que el primer tren europeo que utilizará hidrógeno como combustible esté terminado en 2010.

La Tercera Revolución Industrial puede facilitar la integración de las infraestructuras europeas para cumplir con la prioridad decidida por la UE en Lisboa de convertir Europa en la economía más competitiva del mundo. Se ha hablado mucho de la puesta en marcha de una Directiva de Servicios para asegurar una mayor movilidad de la mano de obra en toda la UE, pero se ha prestado mucha menor atención a la importante tarea de crear unas redes de transporte, de electricidad y de comunicación perfectamente integradas, y una política energética que facilite el flujo y el intercambio de información, de bienes y de servicios entre los 27 estados miembros. Promoviendo las energías renovables, la infraestructura de hidrógeno y una red inteligente interconectada, la UE y sus estados miembros pueden contribuir a generar planes de desarrollo económico sostenibles, haciendo realidad el sueño europeo de un mercado único, integrado por 500 millones de ciudadanos en la primera mitad del siglo XXI.

IMPULSAR EL CRECIMIENTO DE LA UE

Reconfigurar la infraestructura energética de la Unión Europea generará nuevas oportunidades comerciales y millones de nuevos empleos durante los próximos veinticinco años. Y puesto que la implantación de tecnologías de energías renovables y la creación de una infraestructura del hidrógeno y de redes eléctricas inteligentes están geográficamente asociadas, todos los puestos de trabajo se generarán dentro de Europa.

Las inversiones mundiales en energías renovables superaron la cifra récord de 74.000 millones de euros en 2006⁶² ⁶³, y se prevé que aumenten a 250.000 millones de euros para 2020 y a 460.000 euros para 2030.⁶⁴ Actualmente, las actividades relacionadas con la fabricación, funcionamiento y mantenimiento de equipos para la generación de energías renovables proporcionan aproximadamente 2 millones de empleos en todo el mundo.⁶⁵ Un estudio reciente reveló que el número de puestos de trabajo creados en tecnologías de energías renovables limpias por cada euro invertido y por cada kilovatio-hora producido es entre 3 y 5 veces superior que el asociado a la generación a partir de combustibles fósiles.⁶⁶

La Unión Europea es la más adecuada para liderar la Tercera Revolución Industrial. Al convertirse en la primera superpotencia en fijar un objetivo vinculante del 20% de energías renovables para 2020, la UE ha puesto en marcha un proceso de ampliación enorme de su producción energética de renovables. El Banco Europeo de Inversiones ha acrecentado sus inversiones en energías renovables y tiene previsto financiar créditos por un importe total de más de 800 millones de euros anuales, reflejando los nuevos compromisos de objetivos más ambiciosos en materia de energías renovables.⁶⁷ Solo en Alemania la industria de energías renovables facturó 21.600 millones de euros y empleó a 214.000 trabajadores en 2006. Sus previsiones de crecimiento son alcanzar en 2010 entre 224.000 y 263.000 puestos de trabajo, en 2020 entre 307.000 y 354.000 y en 2030 entre 330.000 y 415.000.⁶⁸ ⁶⁹

Los otros 26 Estados miembros de la UE están creando también nuevos empleos, a medida que aumenta la producción de energía de fuentes renovables para cumplir con el objetivo de reducir a casi cero las emisiones. Los ingresos procedentes de las energías renovables ascendieron a 8.900 millones de euros en la UE durante 2005, y se prevé que aumenten a 14.500 millones de euros para 2010.⁷⁰ Está prevista asimismo para 2010 la creación en la UE de más de 700.000 puestos de trabajo en el sector de la generación eléctrica de fuentes renovables.⁷¹ Se prevé que para 2050 cerca del 50% de la energía primaria y el 70% de la electricidad producida en la UE procederá de fuentes renovables, lo que representa varios millones de nuevos empleos.⁷² ⁷³

La Unión Europea destaca también en financiación de investigación y desarrollo para la economía del hidrógeno. Se estima que el valor del mercado europeo de hidrógeno ascendía aproximadamente a 283 millones de euros en 2005, estando previsto que aumente a un ritmo del 15% anual hasta alcanzar los 569 millones de euros en 2010.⁷⁴ La Plataforma Tecnológica del Hidrógeno de la Comisión Europea ha invertido ya más de 500 millones de euros en la puesta a punto de la tecnología del hidrógeno y de pilas de combustible para uso comercial.⁷⁵

Se preve una inversión adicional del sector privado de 5.000 millones de euros durante los próximos 10 años para introducir el hidrógeno en el mercado.⁷⁶ Entre 2007 y 2015, se prevé asimismo una aportación de fondos públicos de la Unión Europea de entre 320 y 350 millones de euros anuales, lo que supondría una inversión total de unos 7.400 millones de euros para lograr que la economía del hidrógeno sea una realidad en la segunda década del siglo XXI. Para el año 2030 la industria europea de pilas de combustible podría generar más de 500.000 empleos.^{77 78}

La posibilidad de poner en funcionamiento la red eléctrica inteligente de la UE, el tercer pilar de la Tercera Revolución Industrial, ha sido acogida con entusiasmo creciente tanto por el sector público como en el privado, pues Europa se enfrenta al reto de renovar una red eléctrica ineficiente y anticuada con medio siglo de antigüedad, transformándola de una infraestructura electromecánica de la Segunda Revolución Industrial en una infraestructura digital de la Tercera Revolución Industrial.

La Tercera Revolución Industrial exigirá una reestructuración completa de los sectores del transporte, de la construcción y de la electricidad, creando nuevos bienes y servicios, generando nuevas empresas y demandando nuevas cualificaciones profesionales.

La tercera causa de emisiones de gases de efecto invernadero es el sector del transporte, tras los edificios y la ganadería.⁸¹ La industria del transporte representa actualmente el 7% del PIB europeo y un 5% del empleo.⁸² La sustitución de los motores de combustión interna de gasolina por pilas de combustible de hidrógeno con emisiones cero en la mayoría de las formas de transporte –carretilas elevadoras, ciclomotores, coches, camiones, autobuses, trenes, barcos mercantes y buques de pasajeros– durante la segunda y la tercera década del siglo XXI, creará considerables oportunidades comerciales y generará nuevos empleos en todas las industrias relacionadas con el transporte de todos los países miembros de la UE. Readaptar el transporte requerirá la fabricación comercial a gran escala de pilas de combustible, la producción de grandes cantidades de combustible de hidrógeno, la construcción de una infraestructura de distribución de este combustible en todo el continente, el rediseño de los vehículos y la creación de nuevos programas informáticos relacionados con el transporte, lo que generará nuevas sinergias y tendrá un importante efecto multiplicador.

Se estima que la construcción en la UE de un sistema de transporte de hidrógeno para 100 millones de vehículos podría costar varios cientos de miles de millones euros. Aunque los costes son considerables, las cifras resultan atractivas si se comparan con el coste de mantener la economía actual de un transporte basado en motores de combustión interna de gasolina. El Consejo Mundial de la Energía estima que mantener y ampliar durante los próximos 30 años la economía norteamericana basada en gasolina –desde la extracción petrolífera hasta los coches–, costaría más de 1,3 billones de dólares.⁸³ Puesto que la Unión Europea tiene aproximadamente el mismo número de automóviles que Estados Unidos, es probable que el coste en Europa sea similar.⁸⁴ Por supuesto, este coste podría dispararse a medida que nos acerquemos al límite de producción de petróleo y que el cambio climático comience a provocar impactos ecológicos negativos en todo el continente. La cuestión fundamental que debemos plantearnos es si se debe continuar financiando un modelo energético y un sistema de transporte trasnochado, o si debemos realizar el cambio hacia las energías renovables y hacia la economía del hidrógeno para la mayoría de las formas de transporte.

La mayor industria de la Unión Europea en términos de empleo es la construcción, que representó en 2003 el 10% del PIB y un 7% del empleo en la UE-15.⁸⁵ La mayor parte de este sector está dedicado a la construcción de edificios, que son la fuente principal del calentamiento global provocado por la actividad humana. Los edificios consumen entre el 30 y el 40% de toda la energía producida en el mundo y son responsables de un porcentaje similar de emisiones de CO₂.^{86 87} Estas cifras ascienden en Europa al 40 ó 45%, respectivamente.⁸⁸ Esta industria, igual que el transporte, será responsable de muchas de las nuevas oportunidades comerciales y de generación de empleo a medida que Europa avance hacia la implantación de la Tercera Revolución Industrial.

Las obligaciones de eficiencia energética y las metas de energías renovables anunciadas recientemente por la UE están originando ya una creciente actividad en la “construcción verde”. Por ejemplo, España está exigiendo que todos los edificios de nueva construcción

incorporen directamente tecnologías de energía solar en sus infraestructuras.⁸⁹ La adaptación del sector de la construcción a las normas ambientales generará miles de nuevos negocios y servicios y creará millones de nuevos empleos de aquí a 2030, a medida que los edificios nuevos y los ya existentes sufran una metamorfosis, transformándose en construcciones que utilizan diseños, materiales, tecnologías, normas y códigos de edificación de la Tercera Revolución Industrial.

En el futuro, los tres pilares de la Tercera Revolución Industrial se integrarán tanto en los edificios como en todos los sistemas de transporte.

Los ingresos del sector eléctrico en la UE ascendieron en 2003 a unos 112.000 millones de euros, representando el 1,5% del PIB.⁹⁰ En 2004, este sector empleaba a 608.000 trabajadores en la UE-15.⁹¹ Se estima que la reestructuración total de la red eléctrica de la UE durante los próximos 30 años para crear una red interconectada a imagen y semejanza de Internet, costará más de 750.000 millones de euros y generará decenas de miles de nuevos empleos.⁹² En muchos casos, será preciso formar a los trabajadores en ingeniería energética y en tecnologías de la información y comunicación (ICT).

El hecho de ser la primera en comercializar estos productos permitirá a la Unión Europea liderar la Tercera Revolución Industrial, dotándola de una ventaja comercial en la exportación de conocimientos tecnológicos y equipos a todo el mundo. Producir una nueva generación de tecnologías de energías renovables, fabricar pilas de combustible portátiles y fijas, reinventar el automóvil, rediseñar los edificios europeos y las viejas infraestructuras utilizando las mejores prácticas arquitectónicas verdes, reconfigurar la red eléctrica y producir todas las tecnologías, bienes y servicios que conforman la economía de tecnologías avanzadas de la Tercera Revolución Industrial, tendrá un efecto económico multiplicador que se prolongará hasta mediados del siglo XXI.

SEGURIDAD ENERGETICA

La creciente preocupación por la dependencia europea del gas natural de Rusia y del petróleo del Golfo Pérsico está avivando el debate sobre cómo garantizar la seguridad energética de la UE. Con el precio del petróleo rondando cerca de los 68 dólares el barril en los mercados mundiales, los gobiernos, la industria y los consumidores de la UE se sienten cada vez más vulnerables y deseosos de reafirmar su independencia energética. El surgimiento de China y la India como grandes potencias económicas está sometiendo a presiones adicionales unas reservas de combustibles fósiles cada vez más limitadas. Existe además una creciente preocupación por la escalada de violencia en Oriente Medio, y el temor de que el incremento de la inestabilidad política haga peligrar el suministro de petróleo a Europa. La posibilidad de una gran ampliación de la capacidad de generación de energía nuclear está aumentando también la inquietud entre los europeos. Las decenas o tal vez cientos de centrales nucleares que pueden entrar en funcionamiento en las próximas décadas en todo el mundo representan un fácil objetivo para atentados terroristas. Resulta inquietante además la posibilidad de que se transporten grandes cantidades de uranio y plutonio en una época de escalada del extremismo político y religioso.

La clave para la "seguridad energética" de la UE está en su capacidad de producir energía a nivel local y regional, a partir de fuentes de energías renovables fácilmente accesibles, almacenando parte esa energía en forma de hidrógeno y mediante otras tecnologías de almacenamiento, con el fin de aprovecharla como energía adicional para la red eléctrica y el transporte, y compartir los excedentes de electricidad a través de una red inteligente interconectada que conecte todas las comunidades en Europa.

Muchas de las consideraciones y preocupaciones sobre seguridad que llevaron al desarrollo de Internet intervienen también en el desarrollo incipiente de la red interconectada. El Pentágono creó a finales de los años 60 el precursor de Internet. El Departamento de Defensa pretendía reducir el coste de proporcionar nuevos y caros superordenadores a los académicos e investigadores contratados por defensa, por lo que empezó a estudiar fórmulas

para que personas separadas por grandes distancias pudieran compartir los ordenadores. A los militares también les preocupaba la vulnerabilidad de las operaciones centralizadas de comunicación frente a un posible ataque o cualquier otra forma de interferencia. Buscaban una forma nueva de comunicación descentralizada que permitiese a todas las partes generar e intercambiar información mediante un sistema que continuase funcionando incluso si una parte del mismo sufría interrupciones o era destruida. La solución fue ARPANET, desarrollada por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada del Departamento de Defensa. El primer servidor entró en funcionamiento en 1969 y en 1988 había más de 60.000 ordenadores servidores conectados. La Fundación Nacional para la Ciencias no tardó en crear su propia red NSF para conectar a los investigadores universitarios de todo el país. Cuando ARPANET fue clausurada en 1990, la red NSF se convirtió en el principal medio para conectar ordenadores, transformándose con el tiempo en Internet.⁹³ Al igual que Internet, una red interconectada y descentralizada garantiza que si el flujo de electricidad se interrumpe en algún punto de la red, por motivos militares, políticos o ambientales, el resto de la red seguirá funcionando.

Una red inteligente interconectada y plenamente integrada a nivel del continente europeo permitirá a cada uno de los Estados miembros de la Unión Europea producir su propia energía y compartir los excedentes con el resto de Europa, aplicando un enfoque de funcionamiento en "Red" para garantizar la seguridad energética de la UE. Italia podría compartir sus excedentes de energía solar con el Reino Unido, y el Reino Unido sus excedentes de energía eólica con Portugal, y Portugal su energía hidroeléctrica abundante con Eslovenia, y Eslovenia sus residuos forestales con Polonia, y Polonia su biomasa agrícola con Noruega, etc. Cuando una región cualquiera de la Unión Europea disfrute de un pico o excedente transitorio de energía renovable, puede compartir esa energía con otras regiones que padezcan en ese momento un descenso de producción o un déficit de abastecimiento. El hidrógeno, reforzado por otros medios de almacenamiento nicho, constituye un vector universal para todas las energías renovables, pudiendo utilizarse en el sector del transporte o convertirse de nuevo en electricidad cuando sea necesario alimentar la red eléctrica.

Optimizando el aprovechamiento de las energías renovables generadas a nivel local y regional, almacenando esta energía en el hidrógeno y en otros medios y compartiendo los recursos energéticos a través de una red interconectada continental, la Unión Europea puede crear un sistema energético verdaderamente integrado y sostenible, fortalecer la seguridad energética, facilitar la consecución del mercado único, lograr el objetivo de la Agenda de Lisboa de convertirse en la economía más competitiva del mundo y ayudar a liderar al mundo hacia la Tercera Revolución Industrial.

ENERGIA DESCENTRALIZADA: DE LA GEOPOLITICA A UNA POLÍTICA DE LA BIOSFERA

Los combustibles fósiles y la energía nuclear son, por su propia naturaleza, energías privilegiadas que representan el clásico enfoque de gestión de recursos centralizado y de arriba hacia abajo característico de los siglos XIX y XX. Puesto que se encuentran sólo en determinadas regiones, el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio han requerido con frecuencia enormes inversiones militares para garantizar su suministro, e inversiones igualmente elevadas para su procesamiento y comercialización. El resultado ha sido una brecha creciente entre quienes tienen y ejercen el poder, y quienes carecen de poder, literal y figurativamente.

Las energías renovables, sin embargo, están repartidas por toda la Tierra. La radiación solar, el viento, la energía hidráulica, geotérmica y marina, así como los residuos agrícolas, forestales y urbanos, son fácilmente accesibles en todo el mundo. Si se ponen en común, se almacenan en hidrógeno y se distribuyen en forma de electricidad a través de redes inteligentes interconectadas, las energías renovables ofrecen la posibilidad de ser compartidas entre iguales de forma descentralizada, de la misma manera que compartimos información y nos comunicamos por Internet actualmente.

La Tercera Revolución Industrial posibilita una redistribución amplia de la energía, con consecuencias de gran alcance beneficiosas para la sociedad. El sistema centralizado actual de flujo de la energía se está quedando cada vez más obsoleto. En esta nueva era, las empresas,

los municipios y los propietarios de viviendas podrán convertirse en productores y en consumidores de su propia energía -lo que se conoce como "generación descentralizada". Incluso el propio automóvil es una "central eléctrica rodante", con una capacidad de generación de veinte o más kilovatios. Puesto que por término medio el coche está estacionado la mayor parte del tiempo, podría conectarse a la vivienda, a la oficina o a la red eléctrica interactiva principal durante las horas que no está siendo utilizado, devolviendo a la red electricidad de primera calidad. Los vehículos alimentados con pilas de combustible se transformarían así en un medio de almacenamiento de enormes cantidades de energía en forma de hidrógeno, susceptible a su vez de conversión en electricidad para alimentar la red eléctrica principal. Si un 25% de los conductores utilizaran sus vehículos como centrales eléctricas para vender energía a la red interconectada, se podrían eliminar todas las centrales eléctricas de la Unión Europea.⁹⁴

El Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (EPRI, por sus siglas en inglés), el grupo de reflexión de la industria norteamericana de servicios públicos, señala en su documento "Perspective on the Future" (Perspectiva sobre el Futuro) las numerosas y llamativas similitudes entre lo que ocurrió con Internet y lo que actualmente se está gestando en términos de generación descentralizada, llegando a la conclusión de que este tipo de producción descentralizada evolucionará de manera muy parecida a la industria informática. Los grandes ordenadores centrales han dado paso a ordenadores de sobremesa y a pequeños portátiles dispersos geográficamente, interconectados a través de redes totalmente integradas y muy flexibles. Las centrales seguirán desempeñando un importante papel en nuestra industria, por supuesto, pero cada vez necesitaremos unas fuentes de generación más pequeñas, más limpias y más dispersas... respaldadas por tecnologías de almacenamiento de energía. Un requisito fundamental de este tipo de sistema serán los controles electrónicos avanzados, absolutamente esenciales para manejar el enorme intercambio de información y de energía generado por una interconexión tan complicada como ésta.⁹⁵

En el futuro, las empresas eléctricas y de servicios públicos pasarán a ser cada vez más administradores de energía descentralizada, agregando y poniendo en común energías renovables generadas a nivel local y regional, almacenando energía en forma de hidrógeno y a través de otros medios de almacenamiento y distribuyéndola mediante redes eléctricas inteligentes por todo el continente europeo.

La fusión entre energías renovables y tecnologías descentralizadas de comunicación mediante una red eléctrica inteligente y abierta supone el "poder para el pueblo"¹. Para la generación de jóvenes que está creciendo en un mundo menos jerarquizado y más acostumbrado a trabajar en red, la capacidad de generar su propia energía y de compartirla en una red interconectada y abierta, como ya produce y comparte la información, resultará algo natural y común.

El cambio a unas energías renovables descentralizadas desde unos combustibles fósiles elitistas y una producción energética basada en el uranio, trasladada al mundo más allá de la "geopolítica" que caracterizó al siglo XX, para entrar en la "política de la biosfera" del siglo XXI. Muchas de las luchas geopolíticas del siglo pasado tuvieron como objetivo lograr el acceso militar y político a los yacimientos de carbón, petróleo, gas natural y uranio. Se han desatado guerras y se han perdido innumerables vidas humanas para dirimir las rivalidades entre naciones para asegurarse un suministro de combustibles fósiles y de uranio. La implantación de la Tercera Revolución Industrial ayudará a disipar las crecientes tensiones por acceder a unas reservas cada vez más escasas de combustibles fósiles y de uranio, y facilitará una política de la biosfera, basada en un sentido colectivo de responsabilidad para salvaguardar los ecosistemas de la Tierra. El medio siglo de transición desde la Segunda a la Tercera Revolución Industrial y el consiguiente cambio de la geopolítica a la política de la biosfera, va a tener una repercusión de gran alcance para la globalización.

¹ Nota de la traductora: el texto original en inglés hace un juego de palabras con el término "power", que tiene una doble acepción: "poder", y "energía" o "electricidad".

El impacto de la Tercera Revolución Industrial será mayor probablemente para los países en desarrollo. Aunque nos parezca increíble, más de la mitad de la población mundial jamás ha realizado una llamada telefónica y la tercera parte de la Humanidad carece de acceso a la electricidad.⁹⁶ Actualmente, el consumo energético por persona en el mundo en desarrollo es tan solo una decimoquinta parte del consumo disfrutado en Estados Unidos.⁹⁷ La disparidad entre quienes están conectados a la red y quienes no lo están es profunda y amenaza con agudizarse aún más a medida que aumente la población mundial en el próximo medio siglo de los 6.200 millones actuales a 9.000 millones de personas.

La falta de acceso a la electricidad es un factor clave que perpetúa la pobreza en todo el mundo. Por el contrario, el acceso a la energía se traduce en oportunidades económicas. Por ejemplo, en Sudáfrica se crean entre 10 y 20 empresas nuevas por cada 100 hogares con electricidad.⁹⁸ La electricidad libera al ser humano de tareas diarias de supervivencia. Proporciona energía para el funcionamiento de maquinaria agrícola, pequeñas fábricas y tiendas de artesanía, así como para la iluminación de hogares, escuelas y negocios. El cambio a una generación local de energías renovables, que en parte pueden almacenarse en forma de hidrógeno, y la creación de redes interconectadas y descentralizadas que permitan relacionar a las comunidades de todo el mundo, representa una gran esperanza para ayudar a millones de personas a salir de la pobreza.

Si todas las personas y las comunidades del mundo se convirtiesen en productores de su propia energía, el resultado sería un cambio drástico en la configuración del poder. Las poblaciones locales serían menos dependientes de la voluntad de centros de poder distantes. Las comunidades podrían producir bienes y servicios a nivel local y venderlos en los mercados globales. Esta es la esencia de la política del desarrollo sostenible y de un proceso de reglobalización de abajo hacia arriba.

* * *

La transición hacia la Tercera Revolución Industrial y a una economía baja en carbono, que reduzca a casi cero las emisiones, es fundamental para evitar el peligroso aumento en la temperatura de la Tierra provocado por la quema de combustibles fósiles. Limitar el cambio climático al aumento de 1 grado centígrado durante el siglo actual es nuestra única esperanza para estabilizar de nuevo el ciclo hidrológico de la Tierra. La máxima prioridad para el siglo XXI es recuperar el régimen hídrico del planeta y garantizar un caudal, frecuencia y distribución suficiente de agua para asegurar la salud de nuestra especie, así como la supervivencia de las restantes criaturas y de los ecosistemas de los que depende nuestro bienestar.

La pregunta clave que toda nación debe formularse es en qué situación quiere encontrarse dentro de diez años: ¿En un país donde imperen las energías e industrias del ocaso de la Segunda Revolución Industrial o las energías e industrias del amanecer de la Tercera Revolución Industrial? Esta Tercera Revolución Industrial será la etapa final de un proceso que liberará al mundo de las viejas energías del carbono y del uranio, impulsándolo hacia un futuro sostenible y no contaminante para la Humanidad.

* * *

Jeremy Rifkin es asesor de la Unión Europea para cuestiones relacionadas con economía, cambio climático, seguridad energética y desarrollo sostenible. Actualmente está asesorando al Primer Ministro de Eslovenia, Janez Janša, durante su presidencia de la Unión Europea (Enero a Julio 2008). Fue asesor de la República Federal de Alemania durante la presidencia de la Unión Europea de la canciller Angela Merkel (Enero a Julio 2007). Jeremy Rifkin fue también asesor del primer ministro de Portugal, José Sócrates, durante su presidencia de la Unión Europea (Julio a Diciembre 2007). Ejerce asimismo como asesor de la Comisión Europea, del Parlamento Europeo y de varios jefes de estado

de la UE, entre otros el presidente José Luis Rodríguez Zapatero de España y el primer ministro de Italia Romano Prodi. Es miembro del cuerpo docente del Wharton School Executive Education Program de la Universidad de Pennsylvania, autor del libro "La Economía del Hidrógeno", y presidente de la Fundación sobre Tendencias Económicas (Foundation on Economic Trends) con sede en Washington D.C.

Notas

¹ Mayell, H. (5 junio 2003). UN Highlights World Water Crisis. *National Geographic News*. <http://news.nationalgeographic.com/>, visitada el 23 de mayo 2007.

² Diop, S., M'mayi, P., Lisbjerg, D. (2002). Executive Summary. Vital Water Graphics – An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters. *United Nations Environment Programme*. Nairobi, Kenya. <http://www.unep.org/vitalwater>, visitada el 23 de mayo 2007.

³ Kirby, A. (19 octubre 2004). Water scarcity: A looming crisis? *BBC News*. <http://newvote.bbc.co.uk/>, visitada el 19 de octubre 2006.

⁴ Ibid.

⁵ The Associated Press. (11 marzo 2007). Top Scientists Warn of Water Shortages and Disease Linked to Global Warming. *The New York Times*. <http://www.nytimes.com>, visitada el 12 de marzo 2007

⁶ BBC News. (20 octubre 2004). Map: The world's water hotspots. <http://newsvote.bbc.co.uk>, visitada 19 octubre 2006

⁷ Ibid.

⁸ Ibid.

⁹ McCarthy, M. (20 octubre 2006). Climate Change 'Will Cause Refugee Crisis'. *The Independent Online Edition*. <http://news.independent.co.uk/>, visitada el 20 de octubre 2006.

¹⁰ Norman, M. (2004). *Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century*. Informe presentado en la Conferencia de la Haya sobre Medio Ambiente, Seguridad y Desarrollo Sostenible. 9-12 Mayo 2004.

¹¹ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 2. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el de febrero 2007.

¹² Ibid.

¹³ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 de febrero). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 3. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 2 de febrero 2007.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 5. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 2 de febrero 2007.

¹⁷ Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Livestock's Long Shadow- Environmental Issues and Options*, p. 272. http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.pdf

¹⁸ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 12. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 2 de febrero 2007.

¹⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change. (17 noviembre 2007). Climate Change 2007: Fourth Assessment Synthesis Report: Summary for Policy Makers, pg. 13. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 3 de diciembre 2007.

²⁰ Whitty, J. (25 abril 2007). Gone: Mass Extinction and the Hazards of Earth's Vanishing Biodiversity. Mother Jones. <http://www.motherjones.com>, visitada el 28 de febrero 2008.

²¹ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: [Chapter 4: Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground](#). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 376. <http://www.ipcc.ch/>

²² United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Chapter 15: Polar Regions (Arctic and Antarctic). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 661. <http://www.ipcc.ch/>

²³ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: [Chapter 10: Global Climate Projections](#). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 776. <http://www.ipcc.ch/>

²⁴ Schneeberger, C., Blatter, H., Abe-Ouchi, A., Wild, M. (10 noviembre 2003). Modelling Changes in the Mass Balance of Glaciers of the Northern Hemisphere for a Transient 2xCO₂ Scenario. *Journal of Hydrology*, 282, 145–163.

²⁵ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 febrero 2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis: [Chapter 10: Global Climate Projections](#). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 783. <http://www.ipcc.ch/>

-
- ²⁶ Webster, P.J., Holland, G.J., Curry, J.A., Chang, H.R. (16 septiembre 2005). Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in Warming Environment. *Science*, 309(5742). <http://www.sciencemag.org>.
- ²⁷ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Chapter 15: Polar Regions (Arctic and Antarctic). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pg. 676. <http://www.ipcc.ch/>
- ²⁸ Instanes, A., Anisimov, O., Brigham, L., Goering, D., Ladanyi, B., et al. (2005). Infrastructure: Buildings, Support Systems, and Industrial Facilities. In Symon, C., Arris, L., Heal, B. (Eds.). *Arctic Climate Impact Assessment, ACIA*. Cambridge: Cambridge University Press, 907-944.
- ²⁹ Walter, K.M., Zimov, S.A., Chanton, J.P., Verbyla, D., et al. (Septiembre 2006). Methane Bubbling From Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming. *Nature*, 443, 71-75.
- ³⁰ Ibid.
- ³¹ Walter, K.M., Smith, L.C., Chapin, F.S. (2007). Methane Bubbling From Northern Lakes: Present and Future Contributions to the Global Methane Budget. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 1657-1676.
- ³² La Dra. Walter y sus colegas están especialmente preocupados porque la fusión del permafrost esta originando lagos someros en todo el subártico siberiano. Las aguas lacustres están a mayor temperatura que el permafrost, por lo que éste se funde más rápidamente a su alrededor, provocando que se colapse hacia los lagos el terreno circundante. El carbono orgánico almacenado que se descompone entonces en el fondo de los lagos, produce metano que burbujea hacia la superficie y escapa a la atmósfera. Walter y otros científicos calculan que estos lagos árticos liberarán miles de millones de toneladas de metano a la atmósfera a medida que se deshiela el permafrost.
- ³³ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (2 february 2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Chapter 3: Observations: Surface and Atmospheric Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pg. 254. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 2 de febrero, 2007.
- ³⁴ Ibid, pg. 254.
- ³⁵ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pg. 11. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 6 de abril 2007.
- ³⁶ Ibid, pg. 11.
- ³⁷ Boyd, S., Roach, R. (2006). Feeling the Heat. Why governments must act to tackle the impact of climate change on global water supplies and avert mass movements of climate change refugees. London, UK: *Tearfund*, pg. 13. <http://www.tearfund.org>
- ³⁸ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pg. 13. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 6 de abril 2007.

³⁹ Ibid, pg. 13.

⁴⁰ Boyd, S., Roach, R. (2006). Feeling the Heat. Why governments must act to tackle the impact of climate change on global water supplies and avert mass movements of climate change refugees. London, UK: *Tearfund*, pg. 13. <http://www.tearfund.org>

⁴¹ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 13. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 6 de abril 2007.

⁴² Ibid, pg. 13.

⁴³ Ibid, pg. 13.

⁴⁴ Ibid, pg. 14.

⁴⁵ Ibid, pg. 14.

⁴⁶ Ibid, pg. 14.

⁴⁷ Ibid, pg. 14.

⁴⁸ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 de abril 2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 14. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 6 de abril 2007.

⁴⁹ Ibid, pg. 14.

⁵⁰ Ibid, pg. 14.

⁵¹ Zarembo, A., Maugh II, T. H. (2007). Dire Warming Report Too Soft, Scientists Say. *The Los Angeles Times*. Retrieved July 12, 2007. <http://www.countercurrents.org/>

⁵² Thompson, A. (12 febrero 2008). Lake Mead Could Dry Up by 2021. LiveScience. <http://www.news.yahoo.com/>, visitada el 12 de febrero 2008.

⁵³ United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. (6 abril 2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policy Makers: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pg. 15. <http://www.ipcc.ch/>, visitada el 6 de abril 2007.

⁵⁴ Ibid., pg. 17.

⁵⁵ International Energy Agency. "Focus on Brazil". In *World Energy Outlook 2006*. pg. 479. <http://www.worldenergyoutlook.org/Brazil.pdf>

⁵⁶ Council of the European Union. (2 mayo 2007). *Brussels European Council, 8/9 March 2007. Presidency Conclusions*. (Publication No. 7224/1/07 REV 1). pg. 21. http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf

⁵⁷ Advisory Council of the Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform, Implementation Panel. (Marzo 2007). *European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform. "Implementation Plan- Status 2006"*, pg. 2. https://www.hfpeurope.org/uploads/2097/HFP_IP06_FINAL_20APR2007.pdf

-
- ⁵⁸ Wasserstoff Strategierat Brennstoffzellen. (30 abril 2007). *National Development Plan, Version 2.1. "Hydrogen and Fuel Cell Technology Innovation Programme"*. Preamble. http://www.hyweb.de/gazette-e/NIP_Programm_2-1_EN.pdf
- ⁵⁹ Allianz Group. Interview with Hans Joachim Schellnhuber. (26 enero 2007). http://knowledge.allianz.com/nopi_downloads/downloads/Schellnhuber_Interview_von%20druck.pdf
- ⁶⁰ European Commission Directorate-General for Research. (2006). *European SmartGrids Technology Platform: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf
- ⁶¹ European Parliament. (12 febrero 2007). *Written Declaration*. (Publication No. 0016/2007, PE 385.621v01-00). <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+WDECL+P6-DCL-2007-0016+0+DOC+PDF+V0//EN&language=EN>
- ⁶² United Nations Environment Programme y New Energy Finance. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2007: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency in OECD and Developing Countries*, pg. 3. http://www.unep.org/pdf/SEFI_report-GlobalTrendsInSustainableEnergyInvestment07.pdf
- ⁶³ European Renewable Energy Council y Greenpeace. (Junio 2007). *Futu[r]e Investment: A Sustainable Investment Plan for the Power Sector to Save the Climate*. Foreword, pg. 3. http://www.erec-renewables.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/futu_r_e-Investment.pdf
- ⁶⁴ German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (Junio 2006). *Renewable Energy: Employment Effects: Impact of the Expansion of Renewable Energy on the German Labour Market*, pg. 7. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/employment_effects_061211.pdf
- ⁶⁵ Worldwatch Institute y Center for American Progress. (Septiembre 2006). *American Energy: The Renewable Path to Energy Security*, pg. 6. <http://images1.americanprogress.org/il80web20037/americanenergynow/AmericanEnergy.pdf>
- ⁶⁶ Daniel M. Kammen, Kamal Kapadia, Matthias Fripp (2004). "Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?" A Report of the Renewable and Appropriate Energy Laboratory, University of California, Berkeley, pg. 12. <http://rael.berkeley.edu/publications>
- ⁶⁷ European Investment Bank. (29 enero 2007). *Corporate Operational Plan 2007-2009*. http://www.eib.org/cms/htm/en/eib.org/attachments/strategies/cop_2007_en.pdf
- ⁶⁸ German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (21 febrero 2007). *Development of Renewable Energies in 2006 in Germany*. http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006_eng.pdf
- ⁶⁹ German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (Junio 2006). *Renewable Energy: Employment Effects: Impact of the Expansion of Renewable Energy on the German Labour Market*, pg. 7, 9. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/employment_effects_061211.pdf
- ⁷⁰ PR Newswire (14 Noviembre 2006). *European Renewable Energy Revenues Expected to Double Market Boosted by Government Support and Global Warming*. Citing Frost & Sullivan report "European Renewable Energy Market- Investment Analysis and Growth Opportunities", October 2005. LexisNexis Academic.

⁷¹ Greenpeace International. (Septiembre 2005). *Energy Revolution: A Sustainable Pathway to a Clean Energy Future for Europe*. <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/energy-revolution-a-sustainab.pdf>

⁷² *Ibid.*

⁷³ European Renewable Energy Council. (2007). *Renewable Energy Technology Roadmap Up to 2020*. http://www.erec-renewables.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/EREC-Technology_Roadmap_def1.pdf

⁷⁴ Fuji-Keizai USA, Inc. (Mayo 2005). Executive Summary. *Hydrogen Market, Hydrogen R&D and Commercial Implication in the U.S. and EU*. http://www.mrgco.com/TOC_HydrogenMarket_May05.html

⁷⁵ Advisory Council of the Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform, Implementation Panel. (Marzo 2007). *European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform. "Implementation Plan- Status 2006"*, . 45. https://www.hfpeurope.org/uploads/2097/HFP_IP06_FINAL_20APR2007.pdf

⁷⁶ *Ibid.*, pg. 45.

⁷⁷ *Ibid.*, pg.45.

⁷⁸ European Commission Directorate-General for Research. (Marzo 2007). *Third Status Report on the European Technology Platforms*, pg. 4. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/technology-platforms/docs/etp3rdreport_en.pdf

⁷⁹ European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform. *The Proposed Joint Technology Initiative (JTI) on Hydrogen and Fuel Cells- Key Issues at a Glance*. https://www.hfpeurope.org/uploads/835/JTI_QA_11JUL2005.pdf

⁸⁰ Comunicación personal de Alan Lloyd sobre un estudio sin publicar del Departamento de Energía sobre la industria de pilas de combustible. Dr. Lloyd es actualmente presidente del Hydrogen and Fuel Cell Advisory Comité (HTAC) establecido por la Ley de Energías. HTAC depende directamente del Secretario de Energía del Departamento de Energía de EEUU. El potencial de empleo de la industria de pilas de combustible ha sido extrapolado del estudio sin publicar sobre potencial de creación de empleo en el mercado estadounidense del Departamento de Energía. Teniendo en cuenta que el desarrollo del hidrógeno está más avanzado en la UE y que el mercado interno de sus 27 miembros es mayor que el mercado interno estadounidense, la extrapolación sobre puestos de trabajo creados probablemente sea una cifra moderada.

⁸¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Livestock's Long Shadow- Environmental Issues and Options*, pg. xxi. http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.pdf

⁸² Commission of the European Communities. (22 Junio 2006). *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. "Keep Europe Moving- Sustainable Mobility for our Continent. Mid-term Review of the European Commission's 2001 Transport White Paper"*. (Publication No. SEC (2006) 768), pg. 3. http://ec.europa.eu/transport/transport_policy_review/doc/com_2006_0314_transport_policy_review_en.pdf

⁸³ Ogden, J. (Septiembre 2006). High Hopes for Hydrogen. *Scientific American*, pg. 100.

⁸⁴ European Commission Energy and Transport. (2006). *Energy and Transport in Figures*. http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/doc/2006/2006_transport_en.pdf; Estados Unidos tiene 228,280 millones de coches, mientras que la Unión Europea tiene 215,389 millones.

-
- ⁸⁵ European Commission, Enterprise and Industry. (10 Junio 2006). *Construction: Overview*. http://ec.europa.eu/enterprise/construction/index_en.htm
- ⁸⁶ United Nations Environment Programme. (2007). *Buildings and Climate Change: Status, Challenges, and Opportunities*, pgs. 1, 4. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=502&ArticleID=5545&l=en>;
- ⁸⁷ Para los países de la OCDE, ver Organization for Economic Cooperation and Development, Environment Directorate, Environment Policy Committee. (13 Junio 2002). “Working Party on National Environmental Policy: Design of Sustainable Building Policies: Scope for Improvement and Barriers”. [http://www.oilis.oecd.org/olis/2001doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/203e895174de4e56c1256bd7003be835/\\$FILE/JT00128164.PDF](http://www.oilis.oecd.org/olis/2001doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/203e895174de4e56c1256bd7003be835/$FILE/JT00128164.PDF)
- ⁸⁸ United Nations Environment Programme. (2007). *Buildings and Climate Change: Status, Challenges, and Opportunities*, pgs. 1, 7. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=502&ArticleID=5545&l=en>;
- ⁸⁹ Reuters. (13 noviembre 2006). *Spain Requires New Buildings Use Solar Power*. <http://www.msnbc.msn.com/id/15698812/>
- ⁹⁰ European Commission Directorate-General for Research. (2007). European Technology Platform SmartGrids. “*Strategic Research Agenda for Europe’s Electricity Networks of the Future*”, pg. 8. http://www.smartgrids.eu/documents/sra/sra_finalversion.pdf
- ⁹¹ European Commission. (Marzo 2007). *The Employment Impact of the Opening of Electricity and Gas Markets on Employment in the EU-27, and of key EU Directives in the Field of Energy*, pg. 5. http://www.epsu.org/IMG/pdf/Main_report_final.pdf
- ⁹² European Commission Directorate-General for Research. (2007). European Technology Platform SmartGrids. “*Strategic Research Agenda for Europe’s Electricity Networks of the Future*”. http://www.smartgrids.eu/documents/sra/sra_finalversion.pdf
- ⁹³ Miller, Steven E. *Civilizing Cyberspace: Policy, Power, and the Information Superhighway*. New York: Addison-Wesley, 1996. pp.44-45
- ⁹⁴ Lovins, Amory B. and Brett D. Williams. “From Fuel Cells to a Hydrogen-based Economy.” *Public Utilities Fortnightly*. Vol. 139, No. 4. February 15, 2001. pg. 15
- ⁹⁵ Borbely, Anne-Marie and Jan F. Kreider, eds. *Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium*. Washington, D.C.: CRC Press, 2001. pg.47.
- ⁹⁶ Miller, Steven E. *Civilizing Cyberspace: Policy, Power, and the Information Superhighway*. New York: Addison-Wesley. 1996. pg. 206
- ⁹⁷ Starr, Chauncey. “Sustaining the Human Environment: The Next Two Hundred Years”. In Jesse H. Ausubel and H. Dalle Langford, eds. *Technological Trajectories and the Human Environment*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1997. pg. 192.
- ⁹⁸ “Electricity Technology Roadmap: Powering Progress.” 1999 Summary and Synthesis. Palo Alto, CA: EPRI, July 1999. pp. 96-97.