

Documento de trabajo 12/2017  
8 de noviembre de 2017



# Hacia un nuevo orden mundial de la energía

Antxon Olabe, Mikel González-Eguino y Teresa Ribera



## Hacia un nuevo orden mundial de la energía

**Antxon Olabe** | Economista ambiental y ensayista, autor de *Crisis climática-ambiental. La hora de la responsabilidad*, Galaxia Gutenberg, 2016

**Mikel González-Eguino** | Basque Center for Climate Change (BC3) y Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

**Teresa Ribera** | Directora del Institut du development durable et des relations internationales (Iddri), París | @Teresaribera 

### Índice

(1) Introducción.....	2
(2) París, punto de partida .....	3
(3) La retirada del carbón ya ha comenzado .....	12
(4) El previsible declive de la demanda de petróleo .....	14
(5) Eficiencia, renovables y movilidad eléctrica: el corazón del nuevo sistema .....	17
(6) Conclusiones.....	21
Referencias .....	24

### (1) Introducción

La Revolución Industrial, iniciada en Inglaterra a finales del siglo XVIII, marcó un antes y un después en el devenir de la humanidad. El acceso a las ingentes cantidades de energía acumuladas en el subsuelo de la Tierra en forma de carbón, petróleo y gas permitió llevar el desarrollo económico, de Europa y EEUU primero y de parte del resto del mundo después, a un nuevo estadio. El acceso a las energías fósiles hizo posible un crecimiento demográfico y económico sostenido de manera que, en la actualidad, la población es 10 veces mayor (7.400 millones en 2016) y el tamaño de la economía es varios cientos de veces mayor que el de entonces (96 billones<sup>1</sup> de dólares en 2016).

Con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial y a medida que el transporte motorizado transformaba de forma radical la movilidad de personas y mercancías, incluyendo la fisonomía de ciudades y áreas metropolitanas, el petróleo se convirtió en mucho más que una *commodity* que se intercambiaba en los mercados de materias primas. Era también la sustancia sobre la que giraba una parte fundamental de la geopolítica mundial. El acceso a las reservas de Oriente Medio y la protección de los pasos estratégicos y los corredores marítimos para su transporte han marcado la política internacional y, junto a las sacudidas económicas de los periódicos *shocks*, han desencadenado guerras de ocupación, golpes de Estado y revueltas sociales. En países

---

<sup>1</sup> En todo el artículo “billones” son millones de millones y dólares son dólares de EEUU.

(cont.)

como Rusia,<sup>2</sup> Arabia Saudí, Irán, Irak, Venezuela, Nigeria y Angola la extracción y la venta de petróleo constituyen la columna vertebral de su economía. Su comercio global (WTO, 2015) sobrepasa los 700.000 millones de dólares al año y es sólo superado por la venta de vehículos (movidos a su vez por derivados del petróleo). En definitiva, el carbón, el petróleo y el gas han vertebrado el orden mundial de la energía a lo largo de los últimos 250 años y suponen todavía el 80% de la energía primaria del *mix* global.

Ahora bien, aunque el acceso a las energías fósiles ha contribuido a mejorar de forma notable la calidad de vida de las personas en la mayoría de lugares del mundo, su reverso ha sido la alteración del clima como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero. El cambio climático se ha convertido de hecho en uno de los problemas cruciales de la agenda internacional. Cuando 150 jefes de Estado y de gobierno impulsaron el Acuerdo de París en diciembre de 2015, expresaron la voluntad política de las naciones de evitar que el ascenso de la temperatura de la superficie de la Tierra sobrepase los 2°C (y que preferiblemente se mantenga en torno a 1,5°C). Con esa decisión los responsables políticos generaron un punto de inflexión, un *game changer*, en el futuro del sistema energético. Menos de dos años después, las ondas expansivas del Acuerdo de París en el ámbito de la energía comienzan a vislumbrarse con claridad.

En este documento de trabajo exploramos las implicaciones que tiene para los sectores del carbón y el petróleo-gas la decisión de la comunidad internacional de cumplir con los mencionados objetivos climáticos, según se desprende entre otros trabajos recientes del estudio presentado de forma conjunta por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) y por la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) al Grupo de los Veinte (G-20) en julio de 2017. En primer lugar, se analiza su incidencia en las reservas de combustibles fósiles actualmente en manos de corporaciones públicas y privadas. Tal y como se explica en el apartado correspondiente, se estima que alrededor del 70% de las mismas deberá quedar en el subsuelo sin explotar a fin de no sobrepasar el aumento de temperatura en 2°C. Se analiza, asimismo, el impacto esperado en la evolución de la demanda de los diversos combustibles fósiles, en especial el carbón y el petróleo, como consecuencia de las políticas climáticas nacionales derivadas del Acuerdo. Se estudia también el actual ascenso de las energías renovables y la movilidad eléctrica, argumentando que en el ámbito de la generación eléctrica la transición energética ya ha comenzado. El trabajo finaliza con un apartado de conclusiones.

## **(2) París, punto de partida**

Es lógico imaginar que los directivos y estrategias de las industrias del carbón y el petróleo-gas pensarán, desde el primer momento, que si el Acuerdo de París se consolidaba como la orientación estratégica que va a guiar las políticas nacionales sobre clima y energía en los próximos años y décadas, estábamos ante el heraldo de un nuevo orden de la energía. Seguramente habrían escuchado con atención las declaraciones

---

<sup>2</sup> Rusia, por ejemplo, obtiene el 36% de los recursos anuales del Estado con la extracción y exportación de petróleo y gas, mientras que el 72% de los recursos de Arabia Saudí proceden de la exportación de crudo.

del Grupo de los Siete (G-7) en su reunión en Schloss Elmau, Alemania, en 2015, en la que los líderes de las mayores economías de mercado explicitaban la necesidad de avanzar hacia un sistema energético alejado de los combustibles fósiles; eran conscientes asimismo de la trayectoria hacia la descarbonización que se podía constatar en la Europa comunitaria a lo largo de los últimos 25 años; y habrían tomado buena nota de la cumbre en Pekín a finales de 2014 entre los presidentes de EEUU y China, anunciando un firme compromiso hacia el cambio climático.

Si bien el posterior alejamiento de la Casa Blanca del consenso de París ha debilitado la unanimidad alcanzada en la capital francesa, el resto de la comunidad internacional ha cerrado filas en defensa del Acuerdo. Tanto la COP-22 de Marrakech (2016) como las reuniones de G-7 y del G-20 en 2017 han confirmado la voluntad de la mayoría de la comunidad internacional de refirmar los objetivos climáticos aprobados en la Cumbre del Clima de París. Tampoco hay indicaciones que apunten a una revisión de los objetivos en la COP-23 que tendrá lugar en Bonn en noviembre de 2017. A pesar de la situación en EEUU todo apunta a que el Acuerdo de París prevalecerá ya que los países clave como China, India, Brasil, Japón, Canadá, México y Argentina, así como la UE y la abrumadora mayoría de países en desarrollo lo apoyan sin fisuras.

Una diferencia fundamental respecto a lo ocurrido a comienzos de la primera década de este siglo cuando EEUU, en tiempos de George W. Bush, se desvinculó del Protocolo de Kioto forzando una parálisis en la diplomacia climática, es la actual posición de China, el mayor emisor mundial de gases de efecto invernadero. A diferencia de entonces, el 13º Plan Quinquenal, 2016-2020, aprobado a finales de 2016 ha reafirmado y reforzado la orientación de la economía china hacia un modelo energético progresivamente descarbonizado. Los orígenes del cambio en la posición de China se remontan a hace una década, con la formulación en 2007 de los primeros objetivos sobre renovables y disminución de la intensidad de carbono de la economía. El 12º Plan Quinquenal aprobado en 2011 sentó las bases para una ambiciosa estrategia energético-climática y en 2012 la Constitución incluyó el desiderátum “avanzar hacia una civilización ecológica”. Poco después, la cumbre de presidentes celebrada en 2014 entre Obama y Xi Jinping fue un hito que preludiaba el éxito de la cumbre de París. Dado el peso decisivo que el país asiático tiene en las emisiones globales esa reorientación de la economía china ha tenido efectos positivos de alcance global. Así, datos recientes de la Agencia Internacional de la Energía confirman que las emisiones mundiales de CO2 procedentes del uso de la energía se han estabilizado en los últimos cuatro años (2013-2016) y la razón principal ha sido la progresiva disminución del uso del carbón por parte de China.

El giro desplegado por el liderazgo chino en el ámbito energético-climático ha venido motivado por cuatro importantes factores interrelacionados entre sí. En primer lugar, la presión de la opinión pública ante el grave problema de la calidad del aire de las ciudades. La mayoría de los miles de protestas que han tenido lugar han estado relacionadas con los problemas de salud derivados de la contaminación. En segundo lugar, centenares de científicos chinos han llevado a cabo en años recientes tres evaluaciones exhaustivas acerca de los impactos actuales y previsibles del cambio climático en el capital natural y la economía de su país y los resultados han sido muy preocupantes. En consecuencia, el cambio climático y la contaminación del aire han

sido declarados problemas de seguridad nacional. En tercer lugar, la proyección internacional de China no puede basarse ya sólo en aspectos comerciales y económicos. El país asiático precisa mostrarse como un actor comprometido ante una crisis que preocupa a la comunidad internacional y en la que su país tiene una gran responsabilidad por ser desde hace una década el mayor emisor mundial en cifras absolutas. Finalmente, China está inmersa en un importante cambio de modelo macroeconómico y las energías renovables son un sector de alto valor añadido y elevado potencial de empleo y exportación identificado por los planificadores chinos. El compromiso de China hacia el cambio climático en general y el Acuerdo de París en particular tiene, por tanto, fundamentos sólidos internos y externos.

Además de esas profundas diferencias en el contexto internacional respecto a lo ocurrido a comienzos de la primera década de este siglo, otro aspecto importante es la posición de los estados y ciudades más dinámicos e innovadores de EEUU como California, Washington, New York, Los Ángeles, Boston y San Francisco, así como la mayoría de la América corporativa y en particular los gigantes de Silicon Valley. La firmeza de la comunidad internacional y de buena parte de la sociedad norteamericana en defensa del consenso de París viene motivada por la gravedad y aceleración del cambio climático y por la percepción de que la transición hacia un sistema energético descarbonizado no tiene marcha atrás y que posicionarse en dirección contraria supondría una pérdida de competitividad. Las oportunidades económicas, tecnológicas y de empleo son para quienes saben entender el signo de los tiempos y quienes se queden aferrados a los combustibles fósiles, en especial al carbón, pueden cometer un error económico muy caro. En definitiva, no cabe esperar un efecto contagio relevante de la posición adoptada por el gobierno de EEUU hacia otros actores nacionales.

El Acuerdo de París es, por tanto, el punto de partida a la hora de enmarcar una salida viable a la crisis del clima. Este Acuerdo proporciona una arquitectura institucional sólida y casi universal. En consecuencia, el debate internacional no es ya sobre el objetivo en sí sino sobre la estrategia que permita alcanzarlo y sus implicaciones. Las evaluaciones realizadas por las Naciones Unidas de los planes nacionales de mitigación presentados señalan que persiste una brecha importante para alcanzar dicho objetivo climático. Y es que, incluso si se cumplen plenamente dichos planes, la senda futura del incremento de la temperatura se situaría<sup>3</sup> entre 2,9º-3,4ºC (Rogelj, Elzen, y otros, 2016).

Una trayectoria de emisiones compatible con la preservación del umbral de los 2<sup>0</sup>C (escenario RCP2.6 del IPCC) precisa alcanzar el pico de emisiones globales para el año 2020 y, a partir de ese momento, disminuirlas de forma ambiciosa y constante.<sup>4</sup> El reto es formidable ya que las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado de forma acelerada en las últimas décadas impulsadas sobre todo por el incremento en el consumo de carbón en China hasta el año 2013 (véase la Figura 1). Si bien en los últimos años las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la energía y los procesos

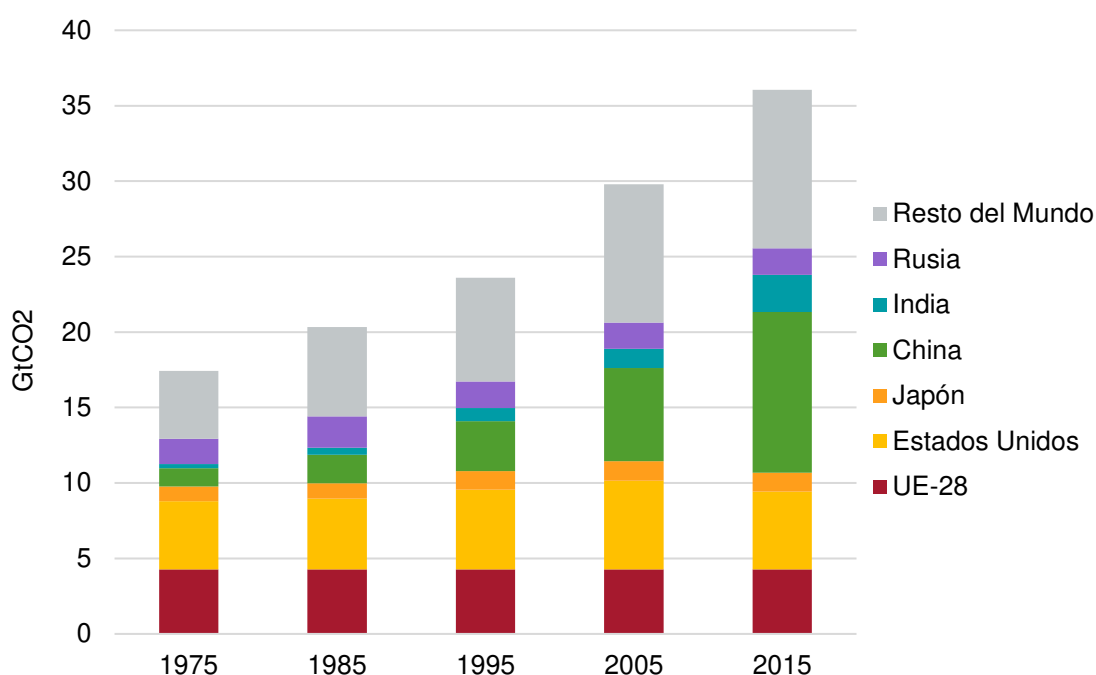
---

<sup>3</sup> Según las estimaciones llevadas a cabo por las Naciones Unidas (UNEP, 2016), en el año 2030 existirá una diferencia de 15 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (GtCO<sub>2</sub>eq) entre dichos planes y la senda de los 2<sup>0</sup>C. Estas estimaciones, además, no incluyen los efectos de la retirada de EEUU del Acuerdo de París.

<sup>4</sup> Se ha de reducir, para el año 2050, un 70%-95% los 50.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidos en 2010.

industriales han permanecido estables a nivel global, de la actual formulación de los planes nacionales se deduce que las emisiones de gases de efecto invernadero no disminuirán en el período comprendido entre 2018 y 2030 y por tanto la trayectoria de las emisiones se alejará de la requerida por el objetivo climático aprobado en París (UNEP, 2016; IEA and ERENA, 2017).

**Figura 1. Emisiones de CO2 energéticas por países, 1975-2015**



Fuente: Base de datos EDGAR (Unión Europea), 2016.

Si no se alcanza el “pico” de emisiones en los próximos años (2020) y comienza un descenso rápido e intenso de las mismas, se precisarán en el futuro emisiones negativas para mantener abiertas las opciones de estabilizar la temperatura en los 1,5<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>C. Es decir, habrá que recurrir a la extracción masiva de CO2 de la atmosfera. Las posibilidades de alcanzar un nivel importante de emisiones negativas de forma natural (por ejemplo, mediante planes de reforestación y restauración de ecosistemas) es limitada. Y los riesgos de intentarlo mediante métodos de biotecnología (por ejemplo, mediante captura y almacenamiento de carbono con biomasa) son numerosos y significativos ya que en primer lugar su disponibilidad técnica no está clara en estos momentos, y se considera que los costes serán muy elevados. Además, el uso a gran escala de estas tecnologías podría tener implicaciones severas sobre otros aspectos básicos como la seguridad alimentaria o los ciclos del agua. Y lo que es aún más preocupante, si no se reducen las emisiones de forma rápida y ambiciosa en los próximos años, las temperaturas se situarán fuera de la senda de los 1,5<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>C durante algunas décadas (*overshooting*), elevándose el riesgo de traspasar umbrales críticos o de “no retorno” en algunos ecosistemas (*tipping-points*) y acelerando aún más la crisis del clima (Hansen *et al.*, 2017; Anderson y Peters, 2016; González-Eguino *et al.*, 2017). En consecuencia, las decisiones políticas dirigidas a reducir las emisiones en los próximos años serán cruciales (Figueres *et al.*, 2017).

## Hoja de ruta hacia la descarbonización

Estudios científicos recientes (Rogelj, Schaeffer, *et al.*, 2016) han mostrado que existe un relación bastante lineal entre las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera y el aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra. Según el Quinto Informe de IPCC (IPCC, 2014), dadas las emisiones de CO<sub>2</sub> que ya han tenido lugar desde 1870, si se quiere limitar el ascenso de la temperatura por debajo de los 2°C (con un 66% de probabilidad), el presupuesto de carbono restante (o *carbon budget*) se sitúa en 800 GtCO<sub>2</sub> (con un rango de 450-1050), cantidad equivalente a las emisiones de 20 años al ritmo actual. El objetivo de 1,5°C implica, obviamente, una mayor reducción de dicho presupuesto de carbono. De hecho, uno de los elementos principales de las negociaciones del clima es “cómo repartir” ese presupuesto dadas las emisiones históricas (1870-2015) de CO<sub>2</sub> (procedentes de los usos de la energía y los usos industriales) que ya han ocurrido. Los mayores emisores han sido EEUU (26%), la UE (UE-28) (23%) y China (13%), mientras que Rusia y la India, han sido responsables del 7% y del 3%, respectivamente (Global Carbon Project, 2016).

A solicitud de la presidencia alemana del G-20, la Agencia Internacional de la Energía (AIE, o IEA por sus siglas en inglés) ha presentado el denominado *Escenario 66% 2°C* que dibuja una trayectoria del sistema energético global hasta 2050. Este escenario es más exigente que el empleado anteriormente por la AIE a lo largo de la última década, el *Escenario 450*, ya que persigue el objetivo de no sobrepasar los 2°C a finales de este siglo con una probabilidad mayor, en lugar del 50% se aplica el 66%. Esta modificación en las probabilidades implica una reducción en el presupuesto de carbono disponible desde las 1.080 GtCO<sub>2</sub> en el primer caso, a las 790 GtCO<sub>2</sub> en el segundo. Mientras que en el *Escenario 450* el objetivo cero emisiones netas procedentes de la energía se alcanza en el año 2100, en el *Escenario 66% 2°C* ese objetivo se logra 40 años antes, en 2060.

El trabajo realizado por ambas agencias (IEA e IRENA, 2017) confirma la viabilidad técnica y económica de la transición de la energía que se precisa para reconducir la crisis del clima. Ahora bien, dados los fallos de mercado existentes en el sistema económico (subvenciones masivas a las energías fósiles, existencia de externalidades negativas no internalizadas en el sistema de precios relativos), las carencias regulatorias que persisten en mercados clave como el europeo (bajo precio de la tonelada de CO<sub>2</sub> en el sistema de compra-venta de permisos de emisión), así como las limitaciones que persisten en la financiación del nuevo modelo energético, no es razonable considerar que en la actualidad la dinámica del mercado *per se* pueda impulsar la transición energética en los plazos y con la intensidad que demanda la crisis del clima. Es imprescindible, en consecuencia, el impulso de políticas públicas y acuerdos internacionales con los que generar impulso estratégico de manera que los inversores nacionales e internacionales orienten sus preferencias en la dirección adecuada. En otras palabras, construyendo sobre lo ya aprobado en París, se requiere continuar movilizándolo la voluntad política de la comunidad internacional.

Constituiría un avance positivo que los gobiernos del G-20 y las instituciones internacionales de referencia avalasen los escenarios de la Agencia Internacional de la Energía y de la Agencia Internacional de las Energías Renovables de manera que se pudiesen convertir (junto con los trabajos en curso sobre ese tema del IPCC) en una

Hoja de Ruta hacia la descarbonización de la economía. Eso complementarían los trabajos ya elaborados y en curso del IPCC y contribuirían a consolidar la orientación hacia la descarbonización generalizada de la economía mundial. Los gobiernos nacionales podrían encontrar en esa Hoja de Ruta un marco de referencia preciso a la hora de elaborar sus respectivas estrategias de transición energética-climática 2020-2050.

En ese sentido, es importante destacar las conclusiones a las que llegan las propuestas de descarbonización a largo plazo remitidas a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático<sup>5</sup> (respondiendo a la invitación hecha en el art. 4.19 del Acuerdo de París). Tal y como ya se ha mencionado, los compromisos anunciados en 2015 son insuficientes para lograr el objetivo común de no superar la temperatura media en 1,5<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>C con respecto a la temperatura preindustrial. Alcanzar un escenario neutro en carbono lo antes posible, señalan las conclusiones, requiere plantearse la pregunta de un modo distinto. Implica considerar la neutralidad en carbono como una obligación de resultado para un año determinado, por ejemplo 2050, y proponer las sendas y alternativas que permitan alcanzarlo de manera coste-eficiente. Ese es el sentido de las trayectorias de descarbonización elaboradas por una mayoría de naciones del G-20<sup>6</sup> crecientemente aplicadas en otros países y ciudades. Y es que sentar las bases de un cambio de paradigma en el ámbito de la energía requiere algo más que añadir un cierto porcentaje de renovables a los sistemas nacionales o mejorar ligeramente la eficiencia energética. Entender la complejidad del cambio y acertar con las medidas que lo facilitan exige un debate amplio y riguroso en los sistemas nacionales hoy existentes.

En otras palabras, los retos y dificultades para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París son inmensos. Como ya se ha mencionado, se precisa alcanzar para 2020 el pico de las emisiones e iniciar un descenso rápido y profundo de las mismas de manera que las emisiones netas procedentes del uso de la energía y los procesos industriales se sitúen en cero hacia el año 2060. Esto sólo será posible si se despliegan con fuerza las tecnologías renovables, se retira el carbón del *mix* energético, se limitan los modos de movilidad basados en el petróleo y se acomete una drástica mejora de la eficiencia energética de los edificios ya construidos, así como planes y programas masivos de preservación de las selvas primarias, de reforestación y de recuperación de la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> por parte de los suelos agrícolas y forestales, por mencionar algunos de los cambios más importantes a realizar.

Al mismo tiempo, la transición energética implica una profunda modernización económica. Los efectos positivos en forma de mejor salud de las personas, generación de riqueza, innovación tecnológica, empleo, preservación de las funciones de los ecosistemas y mayores cotas de bienestar son y serán ingentes. En palabras de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IEA e IRENA, 2017):

“Desde una perspectiva macroeconómica la transición de la energía puede alimentar el crecimiento económico, crear nuevos empleos y fortalecer la salud de las personas y su bienestar... El incremento acumulado del PIB global desde ahora hasta 2050 será de

---

<sup>5</sup> [http://unfccc.int/focus/long-term\\_strategies/items/9971.php](http://unfccc.int/focus/long-term_strategies/items/9971.php).

<sup>6</sup> <http://deepdecarbonization.org/>.



19 billones de dólares... y el sector de la energía generará en ese tiempo seis millones de puestos de trabajo adicionales en comparación con el escenario BAU (sin transición de la energía). Las pérdidas de puestos de trabajo en las industrias fósiles serán más que compensadas por los nuevos trabajos en especial los generados en torno a la eficiencia energética.”

Además, en el ámbito de los co-beneficios sobre la salud, se estima que los daños evitados globales en un escenario de 2°C podrían compensar completamente los costes de mitigación y evitar unas 20 millones de muertes prematuras entre 2020 y 2050 (Sampedro *et al.*, 2017).

En todo caso, el coste de no reconducir el cambio climático según los parámetros aprobados por el Acuerdo de París supone una amenaza existencial para el mundo (Olabe, 2017b).

### Reservas energéticas no utilizables

Al cruzar la información del *carbon budget* disponible con las reservas de combustibles fósiles actualmente en manos de corporaciones públicas y privadas, las implicaciones para las diversas regiones del mundo son impactantes (véase la Figura 2). Según las estimaciones de la IEA/IRENA (2017), el uso de las actuales reservas<sup>7</sup> (1,3 billones de barriles de petróleo, 215 billones de metros cúbicos de gas y 1 billón de toneladas de carbón) generaría 2.900 GtCO<sub>2</sub>, tres veces y media más que el presupuesto de carbono disponible. En consecuencia, el 70% de las reservas fósiles habrá de permanecer en el subsuelo sin explotar, si se quiere cumplir con el objetivo de limitar el aumento medio de la temperatura global a 1,5<sup>o</sup>-2<sup>o</sup>C en comparación con la era preindustrial. Aunque el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de carbono podría ampliar el uso de estas reservas, es importante ser muy cautos en este sentido ya que esta tecnología no ha demostrado<sup>8</sup> aún su viabilidad técnica a gran escala ni que sus costes vayan a ser competitivos comparados con otras alternativas. Aunque inicialmente se preveía una amplia disponibilidad de esas unidades para 2020, la realidad es que todavía no se ha aplicado a escala comercial en ninguna planta de producción de electricidad y que IRENA solo prevé su uso futuro en sectores con procesos industriales difíciles de descarbonizar.

McGlade y Ekins (2015) han analizado la distribución geográfica de las reservas que no podrán ser utilizadas aplicando un modelo en el que se discrimina entre ellas en función de sus costes relativos y de la proximidad a los mercados de demanda. La Figura 2 recoge el porcentaje de recursos por regiones que quedarían sin explotar. En el caso del petróleo no podrá utilizarse el 35% del total de las reservas mundiales (449.000 millones de barriles) y las principales regiones afectadas serán Canadá (el 75% de sus reservas quedará sin explotar), América Latina (42%) y Oriente Medio (38%). En el caso del gas, no podrá utilizarse el 52% del total de las reservas existentes (112 billones de

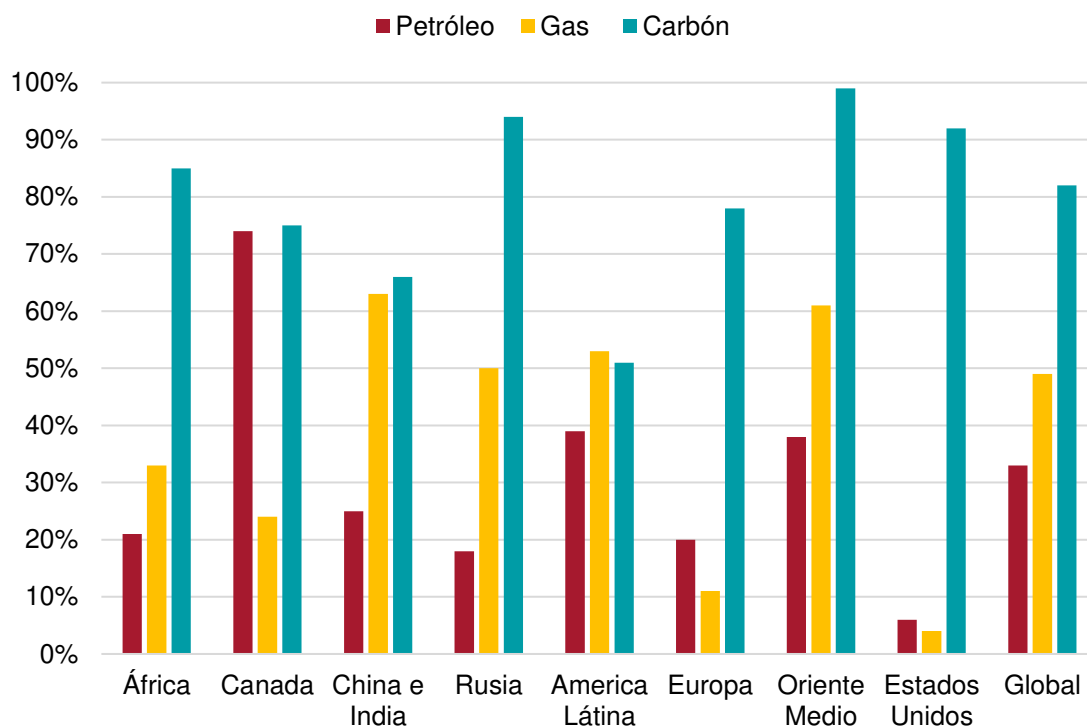
---

<sup>7</sup> Un concepto diferente de reserva es recurso. Los recursos energéticos estimados son los que se pueden obtener con el estado actual de las tecnologías. Los recursos existentes de carbón, petróleo y gas son superiores a las reservas conocidas.

<sup>8</sup> Véase Olabe, González-Eguino y Ribera (2016).

metros cúbicos) y las principales regiones afectadas serán Oriente Medio (el 61% de sus reservas quedará sin explotar), Rusia (59%) y América Latina (56%). Finalmente, el carbón es el recurso que mayor impacto recibe dado su elevado nivel de emisiones por unidad de energía y la existencia de alternativas competitivas para su sustitución a corto plazo. Se quedaría bajo tierra un 88% del total de las reservas existentes (887.000 millones de toneladas) y las regiones más afectadas serán EEUU (el 95% de sus reservas quedará sin explotar), Rusia (97%) y China y la India (67% entre ambos).

**Figura 2. Reservas energéticas “no utilizables” por regiones (%)**



Fuente: McGlade y Ekins (2015).

Otro estudio reciente (Carbon Tracker, 2017) ha ido un paso más y ha valorado este efecto a nivel de empresas energéticas de petróleo y gas, viendo cual es la inversión en capital orientado hacia la exploración que sería necesario y cuál es el grado de reservas y emisiones que podrán utilizarse en el futuro (2017-2035). Para ello ha teniendo en cuenta las curvas de oferta por cada recurso y las carteras de recursos por compañía. Las inversiones en activos fijos (CAPEX) asociados a la actividad de exploración y producción (*upstream*) de gas y petróleo se han reducido a nivel global desde los 900.000 millones en 2014 a los 500.000 millones en 2016, y el informe considera que este es el nivel adecuado a mantener en el futuro; cierta inversión en estos activos fijos es necesaria para mantener la producción pero una mayor inversión, especialmente en nueva exploración, no sería necesaria en un escenario consistente con la estabilización en los 2°C.

Una conclusión importante de este estudio es que las principales empresas energéticas cuentan actualmente con una inversión en activos (*upstream*) fuera del rango de lo recomendable en un escenario de 2°C, así como con un porcentaje significativo de sus

reservas fuera de este rango. Por ejemplo, en el caso de las principales empresas energéticas europeas, el porcentaje de inversión excesivo se situaría, según este estudio, entre un 10% y un 40% y el presupuesto de carbono que no podrán utilizarse se situaría entre un 14% y un 35%, lo que podría afectar a los ingresos futuros de estas empresas. Aunque estos datos a nivel empresarial están sujetos a una elevada incertidumbre, los inversores ya empiezan a analizar con detalle estas estimaciones ya que son conscientes de que los planes de inversión de las compañías podrían no lograr un retorno aceptable en el escenario de un mundo comprometido con el Acuerdo de París, ya que los balances de estas compañías podrían estar sobrevalorando unos activos que podrían no rentabilizarse.

Por ello, los accionistas de muchas empresas energéticas han empezado a pedir a sus directivos que expliquen el riesgo al que se enfrentan por su grado de exposición a unos activos que podrían depreciarse rápidamente, como en el caso reciente de Exxon Mobil. El propio Banco de Inglaterra ha alertado<sup>9</sup> de los riesgos que supondría para la estabilidad financiera no a actuar a tiempo sobre lo que podría ser una nueva burbuja económica. Y en la misma línea, el *Financial Stability Board* (FSB), un organismo internacional establecido por el G20 que supervisa el sistema financiero mundial, presentó el 29 de junio de 2016 unas recomendaciones<sup>10</sup> para que las compañías hagan público su grado de exposición a los riesgos del cambio, recomendaciones que se han convertido en una referencia en la materia en el mundo empresarial.

Sin duda, la necesidad de dejar estas reservas sin explorar como reclama la ciencia del clima abrirá nuevas estrategias de mercado y nuevas tensiones geopolíticas. Por ejemplo, en el caso de la relación entre la UE y Rusia con respecto a la elevada dependencia de la UE respecto del gas ruso. En un escenario en el que Rusia se enfrente a la posibilidad de no poder poner en valor buena parte de sus reservas de gas, Europa podría beneficiarse de una política de precios bajos promovida por el gobierno ruso para poder vender sus reservas en el mercado. Dada la importancia que el gas del país eslavo tiene en el suministro energético de Europa central y Europa del este, el abaratamiento de costes tendría un efecto económico favorable para la economía europea y negativo para la economía rusa. Ahora bien, también es posible que ante un escenario de esas características y dadas las tensiones internas que podría generar, el gobierno de Rusia podría asumir una posición no sólo de no colaboración con la comunidad internacional en la agenda climática, sino de rechazo a la misma, al estilo de la posición adoptada por el actual gobierno de EEUU.

En definitiva, las consecuencias geopolíticas asociadas a esta transición son difíciles de aventurar en estos momentos, pero sin duda serán severas y habrán de ser analizadas con detalle para evitar que sean improvisadas o traumáticas. Si bien es conocido y aceptado que las consecuencias de un cambio climático supondrán una amenaza emergente para la seguridad global (Olabe y González-Eguino, 2008, *El País*), las consecuencias de la mitigación analizadas en esta sección también tendrán un profundo efecto en muchos países cuya economía están basada principalmente en la exportación de combustibles fósiles y cuya estabilidad económica, social y política en muchos casos,

---

<sup>9</sup> Bank of England (2017).

<sup>10</sup> Véase <https://www.fsb-tcfd.org/>.

ya muy débil, podría verse comprometida si esta transición no es aceptada y planificada correctamente.

### **(3) La retirada del carbón ya ha comenzado**

Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (Energy Outlook, 2016), en el año 2015 la producción mundial de carbón<sup>11</sup> disminuyó en 221 millones de toneladas, el mayor descenso en cifras absolutas desde que en 1971 comenzaron a llevarse los correspondientes registros estadísticos. Tal y como ya se ha mencionado, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con el uso de la energía han permanecido prácticamente constantes a lo largo de los años 2013 al 2016. La estabilización de las emisiones ha sido el resultado del aumento en la utilización de energías renovables, la sustitución de carbón por gas en la generación eléctrica en EEUU, mejoras generales en la eficiencia energética y, de manera relevante, cambios estructurales en la economía china que han conducido a una disminución importante en su consumo de carbón. Es la primera vez en 40 años, afirma la AIE, que una estabilización de las emisiones de dióxido de carbono no ha sido consecuencia de una contracción de la economía mundial.

El descenso del consumo de carbón en China ha venido motivado por la reorientación de su economía hacia sectores menos intensivos en energía, la necesidad de responder a los graves problemas de contaminación de sus ciudades y los compromisos internacionales sobre el cambio climático. Todo induce a pensar que la transición económica-energética que ha iniciado el país asiático es estructural y a largo plazo, por lo que el descenso de su consumo de carbón no habría hecho sino comenzar. El plan energético presentado por el gobierno de China en noviembre de 2016, en concordancia con el XIII Plan Nacional Quinquenal aprobado meses antes, ha supuesto en ese sentido un importante impulso a sus políticas climático-energéticas. Así, ha establecido un límite a la capacidad instalada de generación de carbón de 1.100 GW para el año 2020, ha fijado el objetivo de disminuir la presencia del carbón en el mix energético desde el 64% en el año 2015 al 58% en 2020 y ha aprobado la paralización de 300 GW en proyectos de carbón que se encontraban en diferentes estados de planificación, incluyendo 55GW en centrales cuya construcción ya se había iniciado.<sup>12</sup>

Asimismo, la India, segundo consumidor mundial de dicho combustible fósil, ha protagonizado en 2016 un importante giro en su política hacia el carbón. La potencia instalada de centrales de carbón aumentó desde los 71 GW en el año 2007 a los 212 GW en enero de 2017. Sin embargo, la demanda de electricidad no ha crecido al mismo ritmo durante esa década, lo que ha llevado a una disminución del ratio de utilización de las centrales y, en consecuencia, a una menor rentabilidad de la inversión. Al mismo tiempo, el vertiginoso descenso de los costes unitarios de las energías renovables, en particular la solar fotovoltaica, unido a la puesta en marcha de una estrategia ambiciosa

---

<sup>11</sup> A nivel mundial, el sector de la generación eléctrica produce el 42% de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la energía. El 63% del total de capacidad instalada de generación eléctrica es, según datos de 2015, de origen fósil y la mayoría de ese parque lo forman las centrales de carbón. Véase Olabe, González-Eguino y Ribera (2016).

<sup>12</sup> La importancia de la medida queda clara al situarla en perspectiva. En enero de 2017, la potencia instalada de generación eléctrica con carbón de la India ascendía a 211 GW. La de Alemania, el mayor consumidor de carbón de la UE, a 55 GW (Shearer *et al.*, 2017).

por parte del gobierno de la India para impulsar y desplegar la energía solar, ha modificado el interés de los inversores. En consecuencia, durante el año 2016 se han paralizado 13 GW de proyectos de centrales de carbón como consecuencia de la retirada de los inversores internacionales.

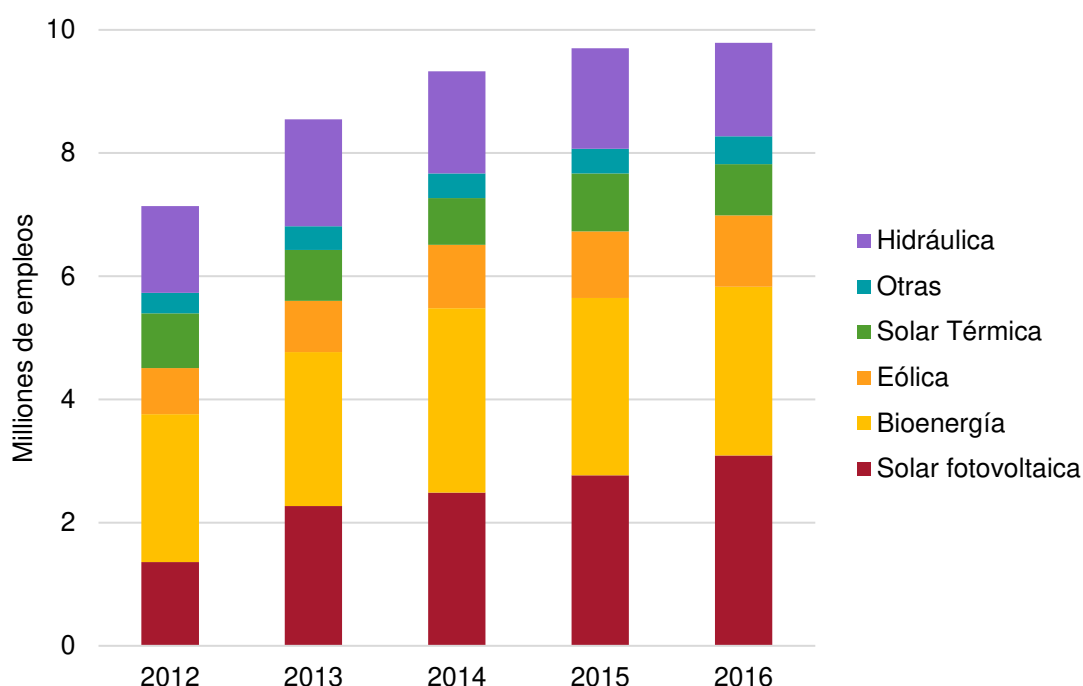
Dado que China y la India han protagonizado el 86% del incremento mundial en generación eléctrica basada en el carbón en la década comprendida entre 2006 y 2016, los datos mencionados de ambos países han supuesto una modificación de la curva de su demanda a nivel mundial. Además, las medidas adoptadas por ambos países asiáticos han modificado la trayectoria de puesta en marcha de proyectos energéticos basados en el carbón que había prevalecido durante los últimos veinte años (González-Eguino, Olabe y Ribera, 2017). Con ello se han creado las precondiciones para un *phase out* generalizado del carbón en el sistema energético mundial.

Según el *Escenario 66% 2°C*<sup>13</sup> de la AIE, el actual parque de centrales de carbón de generación eléctrica que cuenta con 1.950 GW de potencia instalada, pasará a cero a mediados del presente siglo, salvo en los casos en que incorpore tecnología de captura y almacenamiento de carbono. Según los cálculos realizados por la AIE, ese escenario dejará unas inversiones varadas en el sector de la generación eléctrica de carbón de 310.000 millones de dólares. Tres cuartas partes de los activos varados corresponderán a centrales existentes en la actualidad que habrán de cerrar antes de que finalice su vida útil. La otra cuarta parte corresponderá a centrales ahora en construcción o que se construirán en los próximos años. La agencia estima que el 60% de las centrales existentes en la actualidad no recuperará la inversión realizada.

En el ámbito del empleo, según los datos aportados por IRENA, sin considerar la gran hidroeléctrica, se han sobrepasado ya los ocho millones de puestos de trabajo en las diversas energías renovables (datos de 2016), distribuidos principalmente en: China (3,5 millones), Brasil (920.000), EEUU (770.000), India (420.000), Japón (390.000) y Alemania (360.000). Destaca especialmente el número de puestos de trabajo en el sector de la solar fotovoltaica ya que ha generado 1,7 millones de nuevos empleos en los últimos cuatro años.

---

<sup>13</sup> Este escenario implica un presupuesto de carbono de 880 GtCO<sub>2</sub> hasta 2100 (790 para el sector energético, 90 para procesos industriales que utilizarán CCS y 0 para los cambios de usos de suelo). Las emisiones energéticas globales en 2050 serían 10 GtCO<sub>2</sub>.

**Figura 3. Empleos en el sector de las energías renovables a nivel global (millones de empleos), 2012-2016**

Fuente: IRENA (2017), Renewable Energy and Jobs Annual Review.

#### (4) El previsible declive de la demanda de petróleo

Las perspectivas de la industria del petróleo son menos negativas que las del carbón. No obstante, se puede afirmar que en la medida en que la comunidad internacional persiga con claridad y firmeza los objetivos del Acuerdo de París, la demanda de petróleo podría llegar pronto a su cénit y, a partir de ahí, reducirse rápidamente. Según el *Escenario 66% 2°C* de la Agencia Internacional de la Energía, se requiere que el cénit del consumo de petróleo se sitúe a más tardar en 2020, disminuyendo de forma progresiva la demanda desde los 96 millones de barriles diarios (datos de 2016) hasta los 73 millones en 2040 y los 40 millones en 2050. En cualquier caso, incluso en un escenario así la trayectoria de la demanda de petróleo no será lineal ya que el descenso de los precios del barril modificará los precios relativos respecto a las otras fuentes de energía y, por momentos, en función de la elasticidad de la demanda, se asistirá a aumentos de su consumo. Asimismo, el efecto rebote derivado de las mejoras en la eficiencia energética de los vehículos conduce a una mayor utilización de los mismos y en consecuencia a un mayor consumo agregado. No obstante, el efecto económico llamado a establecer la tendencia dominante en el escenario mencionado es la disminución de la demanda de petróleo como consecuencia de las medidas adoptadas por la comunidad internacional ante la alerta climática.

Según la IEA, los recursos (recuperables) de petróleo alcanzan los 2,6 billones de barriles. Dos terceras partes de esa cantidad se encuentran en Oriente Medio, países de la antigua Unión Soviética y Norte América. En un escenario climáticamente no exigente, la AIE calcula que la demanda acumulada hasta el año 2035 no superará los 0,7 billones de barriles y que en el año 2050 el consumo total acumulado no superará

los 1,2 billones. Si en la demanda prevista se introduce el impacto de políticas climáticas nacionales ambiciosas en el ámbito del transporte y la movilidad, el consumo acumulado será notablemente inferior y una parte considerable de las reservas existentes (1,3 billones de barriles) no se pondrá en valor (IEA/IRENA, 2017). En ese sentido, se está generando en los últimos años una confluencia entre la preocupación por la salud de las personas como consecuencia de la contaminación atmosférica en las ciudades (debida en gran medida a las emisiones de los vehículos) y la preocupación por el transporte y la movilidad como fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Esa confluencia apunta hacia cambios importantes en el horizonte 2030 en los modelos de movilidad y acceso a los centros urbanos con vehículos convencionales (por ejemplo, el anuncio realizado recientemente por el Ayuntamiento de Madrid para 2018), que se traducirá en menor consumo de derivados de petróleo por parte de los vehículos privados.

Esas cifras de demanda estimada permiten comprender mejor las importantes fuerzas subyacentes que están operando tras los bajos precios del crudo desde 2014, así como el colapso que han experimentado las inversiones en nuevos proyectos de exploración y desarrollo. Y es que no parece muy sensato económicamente acometer nuevas y cuantiosas inversiones *upstream* si la demanda prevista a medio y largo plazo no los justifica ya que los riesgos de que las inversiones queden varadas son reales. En ese sentido, según los estudios realizados por la consultora especializada Accenture Strategy, en un entorno en el que prevalecen los objetivos del Acuerdo de París la suma de los diferentes tipos de producción convencional y no convencional disponible hoy día sería suficiente para abastecer la demanda prevista hasta el año 2040, sin necesidad de acudir a la exploración de nuevos yacimientos (Debarre, Fulop y Lajoie, 2016).

En el artículo ya mencionado de McGlade y Ekins (2015), aquellas reservas de petróleo caracterizadas por sus elevados costes de producción, su alejamiento de los principales mercados de demanda y sus elevadas emisiones de carbono, serán las primeras que quedarán sin explotar. La bajada de los precios respecto a 2014 (en torno a 59 dólares/barril de Brent a finales de septiembre de 2017), podrían reflejar no sólo el exceso coyuntural de la oferta sobre la demanda, estimado en unos 2 millones de barriles diarios, sino también la presión a la baja derivada de la existencia de reservas con una elevada probabilidad de quedar en el subsuelo sin explotar. Unos precios como los actuales permitirían obtener rentabilidades todavía importantes a los grandes pozos de Arabia Saudí, al tiempo que el petróleo no convencional obtenido mediante técnicas de *fracking* en EEUU mantendría, al menos de momento, su perfil competitivo dada la radical mejora de costes que ha protagonizado en la última década y su proximidad a un mercado inmenso como el norteamericano. Es posible que los importantes acuerdos de limitación de extracción firmados en 2016 y 2017 entre la OPEC y países no pertenecientes al cártel, en especial Rusia, tenga como finalidad principal limitar la caída de precios a unos niveles en el entorno de los 50 dólares/barril que, por un lado, sacan del mercado a los competidores menos eficientes y someten presión de costes a la industria no convencional estadounidense y, por otro, permiten a Arabia Saudí mantener e incluso aumentar su cuota de mercado, bombeando barriles que de lo contrario podrían quedar en el subsuelo el día de mañana.

En definitiva, el objetivo climático aprobado en París ha puesto en marcha un nuevo contexto estratégico para la centenaria industria del petróleo. El que el Reino de Arabia Saudí, poseedor de las mayores reservas mundiales, haya decidido crear un gran fondo de inversión con intención de financiar la diversificación de su economía y sacar a bolsa una parte importante de la principal empresa estatal petrolera del mundo (Saudi Aramco) con intención de obtener financiación y distribuir riesgos, es una prueba de que la industria se enfrenta a medio y largo plazo a movimientos tectónicos. Entre ellos destacamos los siguientes:

- En primer lugar, los programas de exploración de nuevos yacimientos, tan importantes a lo largo de la historia de la industria petrolífera, podrían haber llegado a su fin.<sup>14</sup> La Agencia Internacional de la Energía (IEA e IRENA, 2017) informa que en el año 2015 las inversiones en exploración y desarrollo disminuyeron un 25% respecto al año anterior y que en 2016 volvieron a disminuir en un porcentaje similar. La Agencia insiste en sus informes que se precisan nuevas inversiones *upstream* con las que sustituir a los grandes pozos convencionales cuya producción global desciende un 6% de media anual. Sin embargo, dado que la previsión de la propia Agencia es que en el *Escenario 66% 2°C* la demanda de petróleo durante la década de 2030 descienda a razón de 2 millones de barriles cada año, resulta comprensible el retraimiento de los inversores.
- En segundo lugar, si la comunidad internacional se mantiene firme hacia la preservación del clima, *Escenario 66% 2°C*, la industria del petróleo no puede descartar un escenario de precios del barril *lower forever*. Es decir, un escenario en el que el exceso de oferta se convierte en un dato estructural subyacente afectando de forma persistente al precio del barril. En consecuencia, la expectativa de una posible estabilización de precios bajos hace que la ecuación económica y financiera que ha dominado al sector desde 1973 se modifique de forma radical.
- Tercero, en un escenario de exceso de reservas y precios bajos, las explotaciones de arenas bituminosas, las del Ártico y las de aguas profundas apenas tendrán recorrido. No podrán competir en precios con los yacimientos de Arabia Saudí (rentabiliza sus pozos convencionales con un precio del barril de sólo 10 dólares) y en menor medida con los de Rusia. Es una mala noticia para Venezuela y Canadá (petróleos bituminosos), así como para Brasil (petróleos de aguas ultra profundas). El petróleo no convencional de EEUU podría continuar resistiendo como consecuencia de su mayor agilidad adaptativa a los movimientos del mercado, su eficiencia en costes y su proximidad a la demanda.
- Finalmente, en un proceso de intensa descarbonización del sistema energético, el petróleo encontrará su último refugio en el transporte de mercancías, la aviación y la industria petroquímica, sectores en los que los sustitutos

---

<sup>14</sup> Según datos de la AIE (IEA, 2016b; IEA, 2017b), los recursos energéticos que recibieron aprobación para ser desarrollados en 2015 cayeron a su menor nivel desde 1950 y el dato no ha mejorado ni en 2016 ni en 2017.



tecnológicos tardarán en aparecer. La electrificación masiva y su confluencia con la aplicación de sistemas avanzados de conducción inteligente, apunta hacia un nuevo paradigma de la movilidad en los próximos años y décadas. Si bien estamos todavía en las fases iniciales de la curva de aprendizaje tecnológico y social, es probable que el sector conozca en los próximos 15 años una transformación equivalente a lo que ha supuesto el despliegue de las energías renovables en el sector de la generación eléctrica desde comienzos del siglo XXI.

## **(5) Eficiencia, renovables y movilidad eléctrica: el corazón del nuevo sistema**

En el Escenario REmap presentado por IRENA al G-20 (IEA e IRENA, 2017) las energías renovables y la eficiencia energética protagonizan el 90% de la reducción de emisiones que se necesita para cumplir en 2050 el objetivo climático de París. El 10% restante se logra mediante la sustitución del carbón por gas.

En materia de eficiencia energética, según el informe, se necesitarían medidas “agresivas” para reducir la intensidad energética de la economía mundial en un 2,5% por año en promedio entre 2014 y 2050, una mejora tres veces y media superior a la observada en los últimos 15 años. Estas inversiones se espera que logren reducir las emisiones en un porcentaje cercano al que se lograría con las energías renovables, y que en conjunto supondrían el 90% de las reducciones.

Según los cálculos realizados por IRENA las energías renovables pasarían de representar el 15% de la energía primaria mundial<sup>15</sup> en el año 2015 al 65% en 2050. En el otro lado de la balanza, las energías fósiles pasarían del 80% actual al 30% en 2050. Asimismo, el carbón desaparecería de la generación eléctrica, manteniendo una presencia residual en la industria siempre y cuando incorporase tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS). El gas actuaría como energía de transición en la medida en que se complemente con elevados niveles de equipamiento de CCS. En ese sentido, el informe de IRENA señala que existe el riesgo de que grandes inversiones gasísticas queden varadas si no han tenido en cuenta de forma minuciosa las emisiones de gases de efecto invernadero consiguientes. Conceptualizar al gas como energía de transición requiere, por tanto, cautela y matices. Los escenarios de intensa y acelerada descarbonización que precisan los objetivos del Acuerdo de París pueden colisionar con infraestructuras de gas que no hayan tenido en cuenta las reducciones de emisiones que se precisan para 2030 y 2050.

En ese sentido, las previsiones para la industria gasística española y europea en el horizonte 2030 son en principio favorables, ya que, en un escenario de descarbonización avanzada, el gas es el único combustible fósil concebido como energía de transición. Tanto en España como en el conjunto de la UE, el uso del gas contribuirá a una retirada ordenada del carbón del mix de generación eléctrica y de los sistemas de generación de calor, ya que no siempre estarán disponibles de forma coste-eficiente las alternativas

---

<sup>15</sup> Según las estimaciones de IRENA, las renovables supusieron en el año 2016 el 19% del total de la energía final consumida.

renovables. Además, en el caso eléctrico, existe en España un amplio parque de centrales de ciclo combinado cuyo aprovechamiento se encuentra muy por debajo de su potencial y que podría ser activado para ayudar a operativizar el *phase out* del carbón. Ahora bien, en una etapa posterior (2030-2050), una vez que haya contribuido a la sustitución del carbón, el gas se enfrentará a una situación diferente. A medida que se contraiga el presupuesto de carbono disponible para cumplir con el objetivo del Acuerdo de París, las presiones para disminuir su presencia en el mix energético a favor de las renovables y la eficiencia serán crecientes.

El Escenario REmap de IRENA cuenta a su favor con la credibilidad que le otorga la trayectoria seguida por las energías renovables en la última década (2007-2017). En el año 2016 (véase REN21, 2017), las inversiones totales en renovables alcanzaron los 241.000 millones de dólares y la capacidad de generación aumentó el 10% con respecto a 2015.<sup>16</sup> De hecho, las renovables han añadido más capacidad al sistema de generación eléctrica mundial que la suma de centrales de carbón y nucleares en los últimos cinco años. No obstante, la electricidad apenas representa el 20% del total de la energía global. La penetración de las renovables en los sectores de consumo final – industria, transporte y edificios– es, en general, todavía pequeña<sup>17</sup> y la transición de la energía que requiere la crisis climática ha de abarcar al conjunto del sistema energético.

En los últimos años, y gracias a las políticas de promoción e innovación, las energías renovables y las tecnologías de almacenamiento o baterías (un elemento crítico para dar cobertura a la intermitencia de los renovables y, sobre todo, para avanzar en la electrificación del sector del transporte mediante vehículos eléctricos) han reducido sus costes y han mejorado sus prestaciones de forma drástica. Esto induce a pensar que dicha transición energética se puede realizar de forma acelerada si la voluntad política empuja con fuerza en la dirección adecuada y elimina las barreras existentes (como los subsidios a las energías fósiles que, según datos de la Agencia Internacional de la Energía, todavía suman 350.000 millones de dólares año).

El descenso más espectacular en costes lo ha protagonizado la solar fotovoltaica, con reducciones del 80% desde el año 2009 hasta 2016. La fuerza motriz tras ese descenso ha sido la producción a gran escala de paneles solares por parte de la industria china, país que a su vez se ha visto favorecido por la apuesta inversora hacia la tecnología solar fotovoltaica que durante años han realizado por países entre los que destaca Alemania con su *energiewunde* o transición energética. Los impulsores de la mencionada transición eran conscientes de que su país estaba llevando a cabo una costosa inversión al promover la energía solar fotovoltaica en las etapas iniciales de su maduración tecnológica. Los defensores de la *energiewunde* la veían, sin embargo, como una inversión generadora de externalidades positivas ya que contribuían a su despegue en los mercados internacionales. Llegado el momento, China ha hecho suya la opción solar (y la eólica) y ha llevado la producción de paneles a una escala industrial

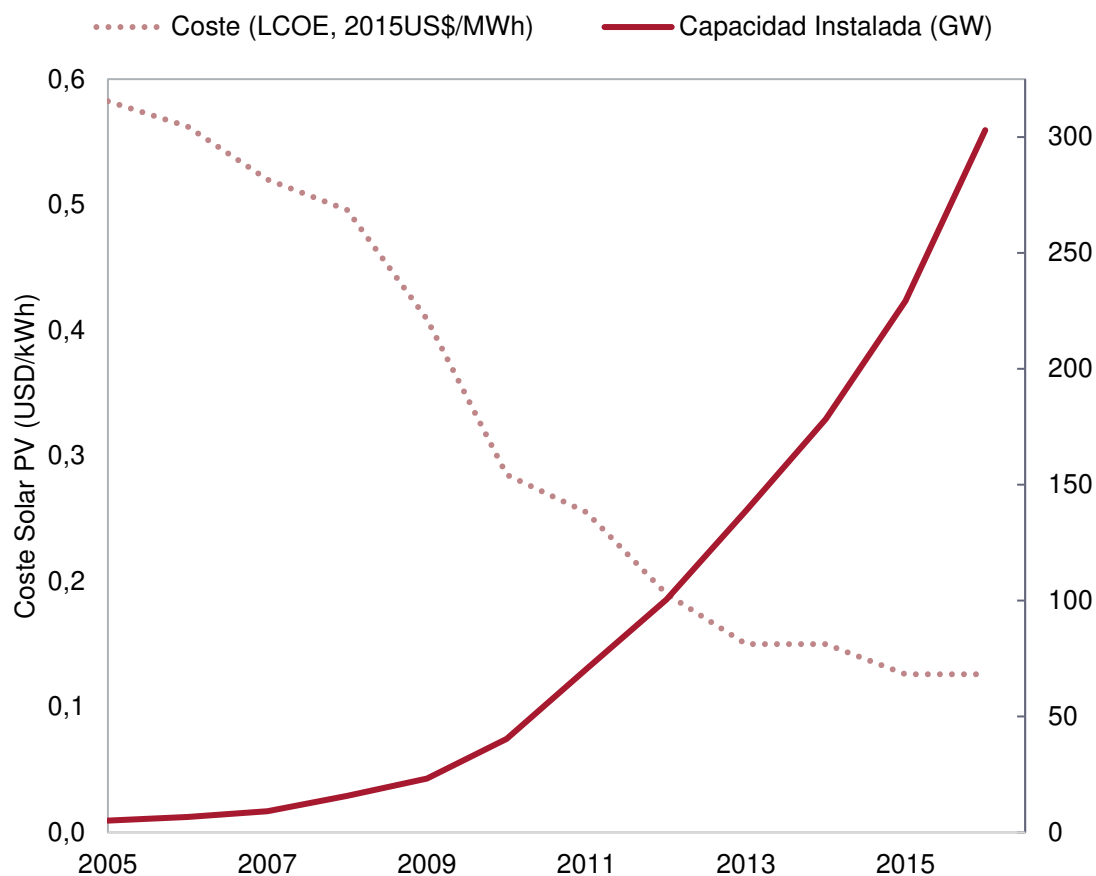
---

<sup>16</sup> A pesar de que la instalación de renovables ha aumentado en 2016, el volumen de financiación ha descendido debido a la disminución de los precios.

<sup>17</sup> Según los datos aportados por IRENA (IEA e IRENA, 2017), la penetración de las renovables en los diferentes sectores en el año 2015 a nivel global fue la siguiente: industria 10%; edificios 37%, transporte 4%, generación eléctrica 23% y generación frío/calor 7%.

masiva, situando los precios en niveles muy competitivos. Así, de los 3,5 millones de puestos de trabajo que existen en China en las renovables, la gran mayoría pertenecen a la industria solar.

**Figura 3. Solar fotovoltaica: costes (US\$/kWh) y capacidad instalada, 2005-2016**

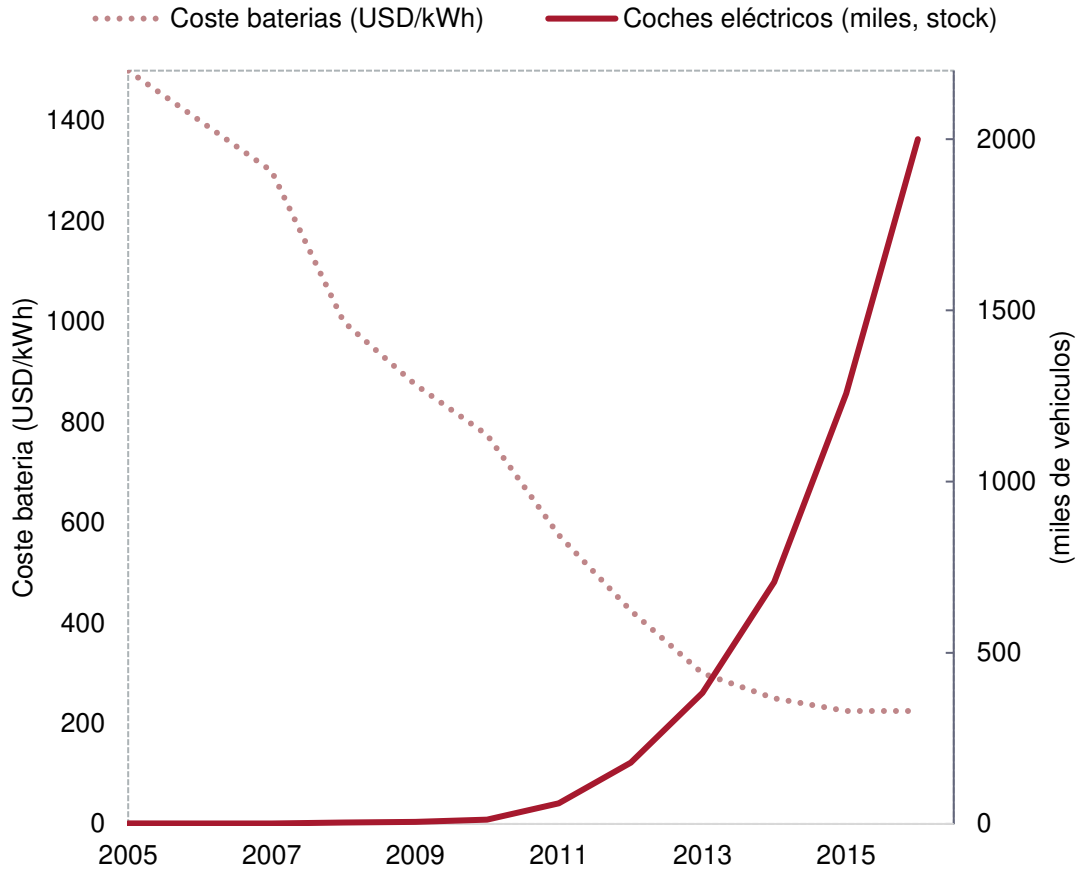


Fuente: González-Eguino y Sanz (2017).

En el sector del transporte, el ascenso del vehículo eléctrico también ha sido muy rápido en años recientes. La reducción de costes de las baterías entre 2005 y 2015 ha sido del 85%, situándose ya en los 225 dólares por kilovatio-hora (US\$/kWh). También ha mejorado su autonomía (en el entorno de los 300 km) y el tiempo de recarga. Por debajo de los 150 US\$/kWh, y dependiendo del precio de la gasolina, se cree que el coche eléctrico podría ser más económico que el motor de combustión antes de 2020. Tesla, una de las empresas más innovadoras del sector, ha anunciado que sus baterías estarán por debajo de los 100 US\$/kWh en 2020, a medida que aumente su producción. Las promesas de Tesla están siendo tomadas muy en serio por el mercado a juzgar por su valor bursátil.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> El valor bursátil de Tesla alcanzó en abril de 2017 el de Ford (45.000 millones de dólares), compañía que vendió 6,7 millones de vehículos en 2016, mientras que Tesla esperaba vender 500.000 vehículos ese año.

Figura 4. Coche eléctrico: coste batería (US\$/kWh) y stock de vehículos



Fuente: Fuente: González-Eguino y Saenz (2017).

En este contexto, las ventas de coches eléctricos comienzan a ser importantes. En 2016 se vendieron 700.000 vehículos eléctricos en el mundo y el *stock* ya supera los dos millones. Se espera que aumente a 20 millones en 2020 y a 150 millones en 2030. En Noruega uno de cada tres coches vendidos en 2016 era eléctrico (IEA, 2017), ya que el gobierno ha subvencionado su compra y ha dado ventajas respecto a su utilización en ciudades (peajes, aparcamiento gratuito, etc.). Si los precios siguen descendiendo, algo probable a medida que aumente la producción, y los gobiernos invierten en las infraestructuras necesarias, es posible que el coche eléctrico domine las ventas antes de 2030 (IEA, 2017). Eso afectará a los productores de petróleo y a los fabricantes de automóviles “tradicionales” que tendrán que llevar a cabo su propia transición.

Además, la expansión de las renovables y la de vehículos eléctricos son dos procesos que se refuerzan mutuamente. A medida que se instala más capacidad renovable las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la electricidad consumida por los vehículos eléctricos disminuyen por lo que su promoción se vuelve más interesante. Por otro lado, una de las principales limitaciones de las renovables, su intermitencia, se ve contrarrestada con el aumento del número de coches eléctricos ya que podrían cargarse durante la noche (cuando sobra capacidad), lo que favorece una mejor gestión de la red y reduce el coste total del sistema. Sin duda, el reto tecnológico que queda por delante es formidable, pero el futuro avanza, tal y como lo señalaba recientemente *The Economist*, hacia un

cambio de paradigma<sup>19</sup> en el modelo de movilidad y transporte, con una tendencia de fondo hacia su electrificación masiva.

## (6) Conclusiones

La transición de la energía ya ha comenzado. En el sector de la generación eléctrica el ascenso de las renovables es evidente y contundente. Sin embargo, su penetración en los sectores de consumo final –transporte, edificios e industria– sigue siendo pequeña y la crisis del clima precisa una transición que abarque a la totalidad del sistema energético.

El Acuerdo de París ha supuesto un punto de inflexión en la respuesta internacional al cambio climático y, además, ha mostrado una gran resiliencia ante los recientes embates que le han llegado desde la Casa Blanca, ya que la gran mayoría de la comunidad internacional ha cerrado filas en defensa del mismo. Tal y como se ha explorado en este trabajo, los objetivos climáticos del Acuerdo suponen un *game changer* para el sector de la energía. El contexto estratégico en el que gobiernos, inversores y accionistas con intereses en los sectores del carbón y el petróleo-gas han de realizar sus inversiones en los próximos años se ha modificado. Incluso una corporación como ExxonMobil que personifica como pocas las resistencias hacia la realidad del cambio climático (Supran y Oreskes, 2017), se encontró en su última junta de accionistas, celebrada en mayo de 2017, con una solicitud firmada por el 62% de los accionistas que demandaba a la dirección ejecutiva la presentación de informes sistemáticos acerca de los riesgos para la compañía de un escenario 1,5º-2ºC. Asimismo, el que un país de referencia en temas de petróleo como Arabia Saudí haya decidido crear el mayor fondo de inversión mundial con el que financiar la diversificación de su economía en los próximos años/décadas es otra decisión que apunta en la misma dirección. Fondos de pensiones, bancos de inversión, compañías de seguros y reguladores van tomando consciencia de que una respuesta al cambio climático como la formulada en el Acuerdo de París ha puesto en marcha una serie de cambios tectónicos para el sector de la energía.

La transición energética que precisa la alteración del clima supone un reto formidable ya que requiere una descarbonización de la economía mucho más acelerada que la prevista en los actuales planes nacionales. Las principales economías de la UE –Alemania, Francia y (todavía) el Reino Unido– han aprobado en años recientes sus respectivas leyes y estrategias para dar forma ordenada y sistemática a sus procesos nacionales de transición energético-climática.<sup>20</sup> Las claves de dicha transición son la retirada en el horizonte 2050 de los combustibles fósiles, empezando por el carbón, la

---

<sup>19</sup> La revista *The Economist* en su artículo “The Death of the Internal Combustion Engine” (agosto 2017) analiza diversos elementos que, junto con la electrificación, pueden modificar profundamente el sector. El uso compartido de vehículos y las tecnologías de conducción autónoma irían transformando el paradigma actual basado en la posesión de vehículos por otro cuyo concepto clave será el transporte como servicio compartido y a demanda.

<sup>20</sup> En Alemania la ya mencionada *energiewende*, cuyo soporte legislativo se aprobó en 2010; en el Reino Unido la *Climate Change Act*, cuya aprobación en 2008 marcó un hito histórico al ser la primera ley nacional de cambio climático del mundo; y en Francia la *Ley para la transición energética y para el crecimiento verde*, aprobada en agosto de 2015 y sus precedentes la Ley Grenelle I (2009) y la Ley Grenelle (II) de 2010.

promoción del ahorro energético y la eficiencia, el cambio en los hábitos de consumo, el uso de energías renovables en un porcentaje muy elevado y el mantenimiento y extensión de los bosques y sumideros de carbono.

Desde la perspectiva del cambio climático, la más importante en el horizonte 2030 es la retirada del carbón. Según el *Escenario 66% 2°C* de la Agencia Internacional de la Energía, las emisiones procedentes de la generación eléctrica basada en la combustión de carbón han de reducirse en el año 2025 a la mitad respecto a las existentes en el año 2015. En 2050 habrían de disminuir en un 95% respecto a 2015. En esa dirección, y en consonancia con los escenarios de transición energética presentados por la Agencia Internacional de la Energía y por la Agencia Internacional de la Energía Renovable, las siguientes medidas habrían de considerarse prioritarias:

- Medida 1: finalización generalizada e inmediata de las ayudas y subvenciones públicas al carbón por parte de todos los gobiernos nacionales y regionales.
- Medida 2: paralización de los proyectos de centrales de carbón en fase de planificación. Ninguna nueva central de carbón habría de entrar en funcionamiento a partir de 2020.
- Medida 3: la UE y los países de la OCDE habrían de promover un cierre (*phase out*) del carbón entre 2020 y 2030, comenzando por las centrales más antiguas y contaminantes.<sup>21</sup> Según datos recientes aportados por Bloomberg New Energy Finance y otros centros de análisis, el Reino Unido<sup>22</sup> ya ha aprobado la retirada del carbón para el año 2025 y en esa dirección se han aprobado políticas semejantes en Francia,<sup>23</sup> los Países Bajos,<sup>24</sup> Portugal, Austria y Finlandia,<sup>25</sup> si bien Polonia se resiste ante esa dinámica dado que su sistema eléctrico depende en un 80% del consumo de carbón. Alemania ha aprobado la retirada de la mitad de su parque de generación eléctrica de carbón para el año 2030 y la otra mitad para 2050. Fuera de la UE, Canadá ha anunciado asimismo la retirada del carbón de su mix eléctrico para 2030. En China la retirada del carbón se habría de llevar a cabo entre 2020 y 2035 y en los países en desarrollo entre 2020 y 2040. Asimismo, entre 2020 y 2040 se habría de proceder a la sustitución del carbón como generador de energía en el sector industrial, excepto en aquellas

---

<sup>21</sup> Euroelectric, asociación que representa a 3.500 compañías eléctricas europeas, se ha comprometido a no construir nuevas centrales de carbón en Europa a partir de 2020. El instituto alemán de investigación Climate Analytics asegura que los objetivos asumidos por la UE en materia de energía y clima precisan que las 300 centrales de carbón existentes finalicen su actividad como tarde en 2030.

<sup>22</sup> El Reino Unido ha reducido la proporción del carbón en el mix de generación eléctrica desde el 40% en 2012 hasta el 9% en 2016. El instrumento clave ha sido un impuesto al carbono de 19 euros la tonelada (*El País*, 30/VIII/2017).

<sup>23</sup> Francia tiene una mínima presencia de carbón en su sistema de generación eléctrica, apenas el 3%. Ha anunciado la retirada del mismo para 2023.

<sup>24</sup> En septiembre de 2016 el parlamento de los Países Bajos aprobó una disminución de sus emisiones de gases de efecto invernadero del 55% para el año 2030 respecto a las de 2015. Ese mandato implica necesariamente el cierre de las cinco centrales de carbón que persisten en el país, algunas de ellas de reciente creación.

<sup>25</sup> Finlandia obtiene el 12% de su electricidad de las centrales de carbón. Ha aprobado su retirada para el año 2030.

instalaciones que se hayan dotado de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.

Las perspectivas de la industria del petróleo son menos negativas que las del carbón. No obstante, en la medida en que la comunidad internacional persiga con claridad y firmeza los objetivos del Acuerdo de París, es probable que el pico de la demanda de petróleo se alcance muy pronto. Tal y como ya se ha mencionado, según el *Escenario 66% 2°C* de la Agencia Internacional de la Energía, el cénit se habría de situar a más tardar en 2020, disminuyendo de forma progresiva su consumo desde los 96 millones de barriles diarios (datos de 2016) hasta los 73 millones en 2040 y los 40 millones en 2050. Ese escenario implica intensificar las medidas dirigidas a racionalizar la movilidad y el transporte por carretera mediante vehículos convencionales, así como promocionar los vehículos eléctricos e híbridos y desplegar las infraestructuras necesarias correspondientes.

Finalmente, en el nuevo contexto estratégico abierto por el Acuerdo del Clima de París lo más importante es que las señales de gobiernos e instituciones internacionales sean claras y firmes. La UE, China, India, Japón, Brasil, Canadá, México, el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional y los grandes bancos de inversiones han de mantener e impulsar una orientación clara hacia la descarbonización de la economía en línea de los objetivos asumidos en la mencionada Cumbre del Clima. Los escenarios presentados por la Agencia Internacional de la Energía y por la Agencia Internacional de las Energías Renovables a la última reunión del G-20 en Alemania constituyen, en ese sentido, una Hoja de Ruta precisa, tecnológica y económicamente factible, capaz de orientar esa transición.

Doscientos cincuenta años después de la revolución industrial, el cambio climático, uno de los más graves y complejos problemas que enfrenta la humanidad, es un *game changer* que apunta de forma irreversible hacia un nuevo orden mundial de la energía.

## Referencias

- Anderson Kevin y Glen Peters (2016), "The Trouble with Negative Emissions", *Science*, vol. 354, nº 6309, pp. 182-83, doi:10.1126/science.aah4567.
- Asia Investor Group on Climate Change y otros (2017), "Investor Climate Compass: Oil and Gas. Navigating Investor Engagement".
- Bank of England (2017), "The Bank of England's Response to Climate Change", Quarterly Bulletin, Q2, Londres.
- Carbon Tracker Initiative y Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (2013), "Unburnable Carbon: Wasted Capital and Stranded Assets",
- Carbon Tracker Initiative *et al.* (2017), "2020. The Climate Turning Point. Our Shared Mission for 2020".
- Climate Analytics (2016), *Implications of the Paris Agreement for Coal Use in the Power Sector*.
- Debarre, Romain, Tancredo Fulop y Bruno Lajoie (2016), "Energy Perspectives. Consequences of COP21 for the Oil and Gas Industries. GHG Targets and Possible Outcomes", Accenture Strategy.
- European Commission, Joint Research Centre (JRC)/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2016), "Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)", release version 4.3.2., <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>, forthcoming.
- Fay, Marianne, Stephane Hallegate, Adrien Vogt-Schilb, Julie Rozenberg, Ulf Narloch y Tom Kerr (2015), "Decarbonizing Development: Planning Ahead for a Future with Zero Emissions", World Bank, Washington DC.
- Figueres, Christiana, Hans Joachim Schellnhuber, Gail Whiteman, Johan Rockström, Anthony Hobley y Stefan Rahmstorf (2017), "Three Years to Safeguard Our Climate", *Nature*, vol. 546, nº 7660, p. 593, doi:10.1038/546593a.
- Global Carbon Project (2016), "Carbon Budget and Trends 2016", 14/XI/2016, [www.globalcarbonproject.org/carbonbudget](http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget).
- Goldthau, Andreas (2017), "The G20 Must Govern the Shift to Low-carbon Energy", *Nature*, vol. 546, nº 7657.
- González-Eguino, Mikel, Antxon Olabe y Teresa Ribera (2017), "New Coal-Fired Plants Jeopardise the Paris Agreement", *Sustainability*, vol. 9, nº 2, p. 168.
- González-Eguino, Mikel, Marc B. Neumann, Iñaki Arto, Íñigo Capellán-Pérez y Sergio H. Faria (2017), "Mitigation Implications of an Ice-free Summer in the Arctic Ocean", *Earth's Future*, nº 4.
- González-Eguino, Mikel, y María José Sanz (2017), "Transición energética: aquí, ahora, para todos ¿Llegaremos a tiempo?", *Grand Place*, nº 7.



Hansen, James, Makiko Sato, Pushker Kharecha, Karina von Schuckmann, David J. Beerling, Junji Cao, Shaun Marcott *et al.* (2017), "Young People's Burden: Requirement of Negative CO<sub>2</sub> Emissions", *Earth System Dynamics*, vol. 8, nº 3, pp. 577-616, doi:10.5194/esd-8-577-2017.

International Energy Agency (2016a), "CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. Highlights", París.

International Energy Agency (2016b), "Energy, Climate Change and Environment. 2016 Insights", París.

International Energy Agency (2016c), "World Energy Outlook", París.

International Energy Agency (2017), "Global EV Outlook: Two Million and Counting", París.

International Energy Agency e IRENA (2017), "Perspectives for the Energy Transition. Investment Needs for a Low-Carbon Energy System", París.

IRENA (2017), "Renewable Energy and Jobs Annual Review 2017".

Sampedro, Jon, Cristina Pizarro-Irizar, Mikel Gonzalez-Eguino e Iñaki Arto (2017), "Health co-benefits Associated with Different Transition Pathways", Working Paper, TRANSrisk project.

McGlade, Christophe, y Paul Ekins (2015), "The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused When Limiting Global Warming to 2°C", *Nature*, vol. 517, nº 7533, pp. 187-90, doi:10.1038/nature14016.

Olabe, Antxon, y Mikel González-Eguino (2008), "El cambio climático, amenaza para la paz", *El País*, 20/XI/2008.

Olabe, Antxon, Mikel González-Eguino y Teresa Ribera (2016), "El Acuerdo de París y el fin de la era del carbón", Documento de Trabajo nº 12/2016, Real Instituto Elcano.

Olabe, Antxon (2017), "El cambio climático en tiempos de incertidumbre", *Política Exterior*, enero-febrero.

Olabe, Antxon (2017), "La Casa Blanca y el consenso de París", *Política Exterior*, julio-agosto.

Olabe, Antxon (2017), "Límites ecológicos y cambio climático", *Grand Place*, nº 7.

Peters, Glen (2017), "How Much Carbon Dioxide Can We Emit?", *Center for International Climate Research*.

REN21 (2017), "Renewables 2017. Global Status Report, REN21", París.

- Rockström, Johan, Owen Gaffney, Rogeli Joeri, Malte Meinshausen, Nebojsa Nakicenovic y Hans Joachim Schellnhuber (2017), “A Roadmap for Rapid Decarbonization”, *Science*, vol. 355, nº 6331, pp. 1269–71, doi:10.1126/science.aah3443.
- Rogelj, Joeri, Michel den Elzen, Niklas Höhne, Taryn Fransen, Hanna Fekete, Harald Winkler, Roberto Schaeffer, Fu Sha, Keywan Riahi y Malte Meinshausen (2016), “Paris Agreement Climate Proposals Need a Boost to Keep Warming Well below 2 °C”, *Nature*, vol 534, nº 7609, pp. 631-39, doi:10.1038/nature18307.
- Rogelj, Joeri, Michiel Schaeffer, Pierre Friedlingstein, Nathan P. Gillett Detlef P. van Vuuren, Keywan Riahi, Myles Allen y Reto Knutti (2016), “Differences between Carbon Budget Estimates Unravelling”, *Nature Climate Change*, vol. 6, nº 3, pp. 245–52, doi:10.1038/nclimate2868.
- Shearer, Christine, Nicole Ghio, Lauri Myllyvirta, Aiqun Yu y Ted Nace (2017), “Boom and Bust 2017. Tracking the Global Coal Plant Pipeline”.
- Supran, Geoffrey, Naomi y Oreskes (2017), “Assessing ExxonMobil’s Climate Change Communications (1977–2014)”, *Environmental Research Letters*, vol. 12, nº 8, 084019, doi:10.1088/1748-9326/aa815f.
- United Nations Environment Programme (2016), “The Emissions Gap Report 2016”.
- WTO (2015), “International Trade Statistics 2015”, World Trade Organization, Ginebra.