

# Energía, desarrollo, demografía y recursos naturales

*Energy, development, demography and natural resources*

■ Mariano Marzo Carpio\*

## **Resumen**

El actual paradigma de crecimiento demográfico y económico exponencial, posibilitado por el uso masivo de los hidrocarburos, no solo está calentando el planeta a una velocidad sin precedentes en la historia geológica, sino que está conduciendo a la Humanidad a una crisis de disponibilidad de recursos naturales. A corto plazo, eso podría suscitar peligrosas tensiones geopolíticas y afectar negativamente al bienestar de gran parte de la población mundial, en especial de aquellos que viven en los países más pobres.

## **Palabras clave**

Energía. Desarrollo. Demografía. Recursos naturales.

## **Abstract**

The current paradigm of population and economic exponential growth, enabled by the massive use of oil, is not only warming the planet at an unprecedented rate in geological history, but is leading humanity to a crisis in the availability of natural resources. In the short term, it could raise dangerous geopolitical tensions and negatively affect the welfare of much of humanity, especially to those who live in the poorest countries.

## **Key words**

Energy. Development. Demography. Natural resources.

---

\* El autor es catedrático del Departamento de Estratigrafía, Paleontología y Geociencias Marinas, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona.

## 1. Energía y desarrollo

Según la mitología griega, dos titanes, Prometeo y su hermano Epimeteo, tenían encomendada la tarea de proporcionar a cada animal un poder que les ayudara en su lucha por la supervivencia. Las serpientes recibieron colmillos para inyectar veneno, los osos una enorme fuerza y las gacelas una gran velocidad. Pero cuando llegó el turno del hombre ya no quedaban poderes por distribuir. Conmovido por su desamparo, Prometeo robó el fuego a los Dioses y se lo dio a los humanos. Encolerizado, Zeus, el rey del Olimpo, encadenó al titán a una montaña donde permaneció hasta que Hércules lo liberó. Con el mito de Prometeo, los griegos expresaron la enorme importancia que el fuego tenía en sus vidas.

Con anterioridad al fuego, la potencia de los humanos se fundamentaba en la fuerza de sus músculos. El «descubrimiento» y control del fuego cambió el día a día del hombre primitivo, permitiéndole ver en la oscuridad, calentarse, mantener a raya a los predadores, cocinar, secar y endurecer la madera, así como el acceso al uso de los metales. ¿Cuándo se produjo «el regalo» de Prometeo? Las primeras pruebas de la utilización del fuego por los humanos provienen de China y se remontan unos 500.000 años en el pasado.

Habría que esperar cientos de miles de años para que se produjera otro gran salto cualitativo en la utilización de la energía por el hombre. Tal salto fue la domesticación de los animales. Ciertas pruebas arqueológicas sugieren que hace unos 12.000 años los perros ya estaban domesticados en China y el suroeste asiático. Ovejas, cabras y cerdos lo habrían sido alrededor del 8.000 AC; el ganado vacuno hacia el 6.000 AC y los caballos, burros y búfalos en torno al 4.000 AC. La utilización de la potencia de los animales permitió a los humanos multiplicar su productividad, de modo que la extensión de tierra cultivable y el número de cosechas por unidad de superficie experimentaron un crecimiento espectacular.

Con un suministro alimenticio más adecuado y seguro, el hombre empezó a evolucionar hacia el sedentarismo, lo que les permitió crear y acumular herramientas nuevas, mejores y más grandes. Como consecuencia, los avances en el desarrollo de la tecnología energética empezaron a acelerarse. Pero incluso así, con las excepciones de la vela, el molino de viento, la noria y la pólvora, la tecnología utilizada por la gente corriente no cambió mucho en el transcurso de varios milenios. Los romanos contemporáneos de Jesucristo posiblemente habrían entendido sin demasiadas dificultades la ciencia y la tecnología del siglo XVI.

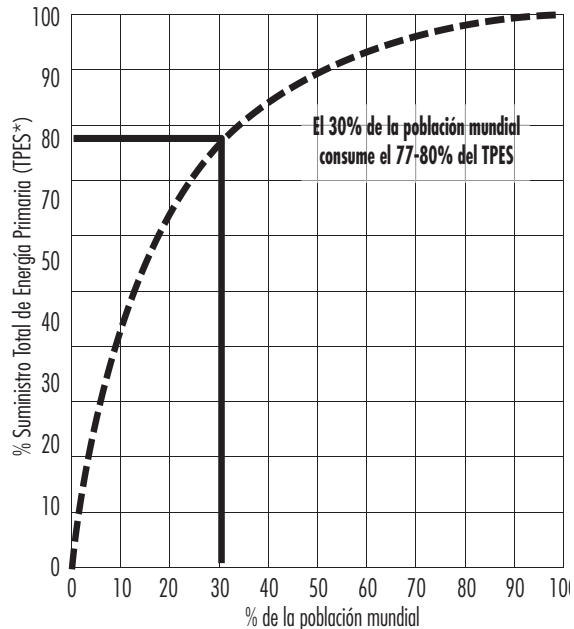
No fue hasta finales del siglo XVII, con la invención de la máquina de vapor, cuando se produjo el definitivo despegue tecnológico. Con posterioridad a este acontecimiento la vida de las personas empezó a cambiar a un ritmo frenético, marcado por los continuos progresos tecnológicos y la progresiva sustitución de las fuentes de energía primaria. Una trayectoria que ha desembocado en una absoluta dependencia de los hidrocarburos (carbón, petróleo y gas natural).

## 2. El hombre del hidrocarburo

Antes de la Revolución Industrial, el desarrollo de las sociedades humanas quedaba acotado por la tasa a la que estas eran capaces de aprovechar la radiación solar y sus transformaciones al incidir sobre nuestro planeta. La producción de alimentos y de combustibles quedaba limitada por la baja eficiencia de la fotosíntesis, así como por un suministro insuficiente de nutrientes a las plantas. Los rendimientos medios de los cultivos eran bajos, ocasionando desnutrición crónica y hambrunas recurrentes, mientras que el almacenamiento de la energía estaba seriamente coartado por la baja densidad energética de la biomasa y la escasa potencia específica de las principales fuerzas motrices (los músculos de los humanos y de los animales de tiro). Aun así, las sociedades antiguas fueron capaces de aumentar gradualmente el uso *per capita* de la energía aprovechando el agua y el viento y desplegando una creciente fuerza de trabajo, mayoritariamente integrada por esclavos y animales.

La extracción a gran escala y la combustión del carbón, petróleo y gas natural significaron un cambio fundamental en el tipo e intensidad de los usos de la energía. Los tres hidrocarburos citados abarcan un amplio muestrario de moléculas orgánicas, generadas tras un complejo y largo proceso: la lentísima transformación, durante periodos de entre cien mil a cien millones de años, de la materia orgánica inicialmente sintetizada por la fotosíntesis en la biosfera y luego acumulada como detritus vegetales y animales en el fondo de cuencas sedimentarias (lagos, mares y océanos). En ausencia de oxígeno, parte de esta materia orgánica pudo escapar a la descomposición bacteriana para, posteriormente, a medida que fue siendo enterrada bajo sucesivos acúmulos de sedimento, transformarse bajo la acción combinada de presiones y temperaturas crecientes. La madre naturaleza posibilitó, a través de la fotosíntesis y el proceso geológico descrito, el almacenamiento de la energía solar en los enlaces químicos de

**Figura 1. — Consumo de energía vs. población mundial**



\* El TPES (Total Primary Energy Supply) es la suma de todos los recursos energéticos del mundo: carbón, petróleo, gas, energía nuclear e hidroeléctrica.

Fuente: Smil V. Energy Myths and Realities, 2010.

los átomos de hidrógeno y carbono que integran las moléculas de los hidrocarburos o combustibles fósiles.

Durante milenios, los humanos obtuvieron los alimentos, el calor y la potencia mecánica necesarios para su supervivencia de la radiación solar y su transformación casi inmediata (flujos de agua y viento), así como de la energía proporcionada por conversiones metabólicas y de la biomasa que ocurrían en cuestión de meses, unos pocos años o, a lo sumo, unas pocas décadas. Por contra, los combustibles fósiles, con la excepción de la turba, son el resultado de intensos cambios de la biomasa durante lapsos de tiempo geológicos. Utilizando un símil económico, podemos considerar que las sociedades pre-modernas dependían para su desarrollo de unos ingresos solares, instantáneos o mínimamente retardados, que se reponían de forma constante. En cambio, la civilización moderna basa su esplendor en el uso de una herencia solar. Un capital que estamos dilapidando a gran velocidad y que, a la postre, tan solo habrá sido disfrutado durante una pequeña fracción del tiempo que se necesitó para acumularlo.

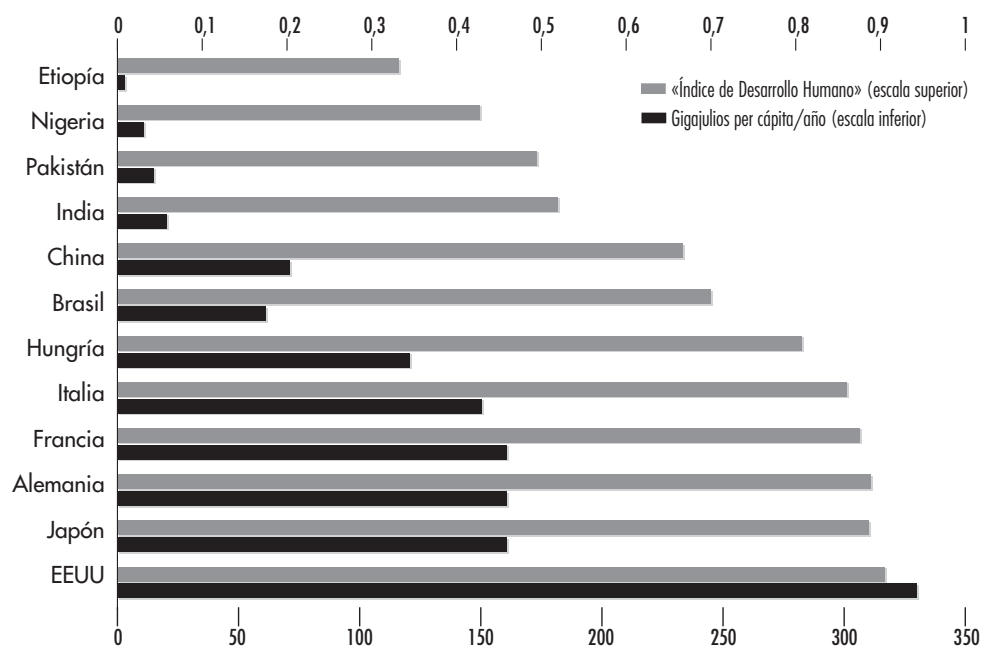
Las sociedades preindustriales eran, en teoría, energéticamente sostenibles en un horizonte temporal de miles de años, aunque en la práctica muchas de ellas comprometieron su desarrollo por una excesiva deforestación y erosión del suelo. En cambio, la civilización moderna se basa en el aprovechamiento, sin duda insostenible, de una herencia solar única que no puede ser repuesta a la escala temporal de una civilización. Pero esta herencia nos ha facilitado unos recursos energéticos muy concentrados y fáciles de almacenar y que han podido ser utilizados a un ritmo creciente. El uso de los combustibles fósiles ha permitido a los humanos superar los límites al consumo de energía impuestos por la baja eficiencia de la fotosíntesis y por los bajos rendimientos de las corrientes de agua y aire. Como resultado, el consumo energético global ha aumentado a unos niveles sin precedentes: el consumo mundial de energía primaria (biomasa, combustibles fósiles, renovables y nuclear) ha pasado de algo más de  $10 \times 10^{18}$  julios (10 EJ) en 1750 a más de 400 EJ a principios de este siglo.

En 2008, los combustibles fósiles representaron el 81,25% de toda la energía primaria consumida en el mundo. Un porcentaje que se repartió de la siguiente manera: 33,1% para el petróleo, 27% para el carbón y 21,15% para el gas. Y las previsiones de futuro nos indican que el dominio de dichos combustibles se prolongará en las próximas décadas.

### 3. Tres trilemas

Tras el análisis histórico de los apartados precedentes podemos preguntarnos por los principales desafíos que la humanidad deberá encarar en un futuro inmediato. Al respecto, Peter Voser, Director Ejecutivo de Royal Dutch Shell, considera que tales desafíos pueden agruparse en tres *trilemas*, cada uno de los cuales comprende tres retos íntimamente relacionados entre sí, de manera que no es posible tratar de resolver cada uno de ellos por separado, olvidándonos de los otros dos.

**Figura 2. — Consumo de energía per cápita vs. «Índice de Desarrollo Humano»**



**Nota:** A niveles «muy bajos» y «bajos» de consumo per cápita, una mayor utilización de la energía mejora claramente el «Índice de Desarrollo Humano», pero una vez que la energía per cápita alcanza unos 150 gigajulios/año, la correlación desaparece.

**Fuente:** Smil V. *Global Energy: The Latest Infatuations*. American Scientist, 2011 ([goo.gl/reBzbG](http://goo.gl/reBzbG)).

El primero de ellos, quizás el más conocido y en el que se centrará este trabajo, es el de las «3E». La sostenibilidad energética se dirime en tres frentes de batalla simultáneos. Estos coinciden con un triángulo con vértices definidos por la «e» de la economía, la «e» de la energía (o de seguridad de suministro energético) y la «e» de la ecología (o del medio ambiente-cambio climático). Lo aconsejable en política energética es buscar el baricentro de este hipotético triángulo. Si adoptamos medidas muy decantadas hacia uno de los vértices, corremos el riesgo de descuidar los otros dos frentes de batalla y perder la guerra. Esto quiere decir que debemos aspirar a un mix energético lo más limpio, barato y seguro posible. No nos podemos conformar con disponer de un suministro abundante y relativamente competitivo, pero medioambientalmente sucio. Sin embargo, tampoco resulta recomendable aspirar a un suministro limpio, a costa de descuidar la seguridad y/o los costes.

El segundo trilema, se conoce como el de las «3A» y deriva de las iniciales de las palabras inglesas *availability* (disponibilidad), *accessibility* (accesibilidad) y *acceptability* (aceptabilidad). Este trilema nos dice que en materia energética no solo cuenta el que seamos capaces de encontrar nuevas fuentes, sino que también hemos de ser capaces de desarrollar la tecnología adecuada para aprovecharlas, asegurándonos al mismo tiempo que lo hacemos de manera que resulte aceptable, en términos de riesgo y

otras consideraciones más o menos racionales, para las personas y los consumidores.

Por último, el tercer trilema se refiere al nexo existente entre las necesidades mundiales de energía, agua y alimentos, unas necesidades llamadas a crecer enormemente en las próximas décadas. Sin duda, el aumento demográfico y de la prosperidad global conllevarán una mayor demanda de alimentos, cuya producción requerirá más y más agua. Paralelamente, cubrir las necesidades de agua y alimentos se traducirá en un mayor consumo energético, por ejemplo, en conceptos tan familiares como el tratamiento, transporte, reciclado y desalinización del agua para su consumo.

Por otra parte, resulta que la agricultura moderna es muy intensiva en energía ya que, entre otros productos, requiere del uso de grandes cantidades de fertilizantes procedentes de la transformación de los hidrocarburos fósiles que, a su vez, demandan enormes volúmenes de agua para su producción y refino. Una tendencia que se reforzará aún más en el futuro, en la medida que la extracción de hidrocarburos convencionales vaya siendo acompañada por un porcentaje creciente de petróleo y gas no convencionales, así como de biocarburantes.

#### 4. La explosión demográfica

Durante la mayor parte de la historia el ritmo de crecimiento de la población mundial ha sido muy lento. Hasta principios del siglo XIX no se alcanzaron los 1.000 millones y fueron necesarios ciento veinticinco años más para llegar a los 2.000 millones. Pero durante el último medio siglo la población mundial ha entrado en un período de crecimiento acelerado, aumentando de 3.000 a 7.000 millones. El ritmo es tal que a finales de 2011 seremos 78 millones de almas más que en 2010 (resultado de contabilizar alrededor de 135 millones de nacimientos y cerca de 57 millones de defunciones).

Y las últimas proyecciones de Naciones Unidas hablan de que la población mundial seguirá creciendo a lo largo de este siglo, alcanzando los 9.300 millones en 2050 y los 10.100 millones en 2100, aunque, obviamente, estas proyecciones presentan un considerable nivel de incertidumbre, dependiendo, entre otros factores, de la tasa de fertilidad que consideremos (las cifras mencionadas corresponden a un escenario de fertilidad media).

Según Naciones Unidas, India, con 1.690 millones de habitantes será en 2050 el país más poblado del mundo, desplazando a China, con 1.390 millones, al segundo lugar del *ranking*. Otro dato interesante es que los países en desarrollo aglutinarán en 2050 al 86% de la población mundial (frente al 82% de 2011) absorbiendo el 97% de todo el incremento de la población previsto entre 2011 y 2050. Para esta última fecha, Asia seguirá siendo la región más poblada, con un 55% del total (frente al 60% de 2011), aunque África será la que habrá experimentado un crecimiento más rápido, pasando de albergar el 15% de la población mundial en 2011 al 24% en 2050. Asimismo, las previsiones nos dicen que a mediados de este siglo el 69% de la

población mundial se concentrará en áreas urbanas (en 2011 lo hacía el 51%) y que en los países desarrollados la relación entre población en edad de trabajar y la que no lo está habrá caído de forma alarmante, pasando de las actuales medias de 2,13 en Europa y de 2,01 en EEUU, a 1,34 y 1,49, respectivamente.

Este panorama suscita inmediatamente la vieja cuestión de si el crecimiento demográfico nos empobrecerá o no, una cuestión sobre la que no existe acuerdo. La polémica se inició a finales del siglo XVIII con Thomas Malthus, quien pronosticó que, como consecuencia de un crecimiento de la población más rápido que el de la producción de alimentos, la miseria y la pobreza serían un destino inevitable para los humanos. Un punto de vista que volvió a popularizarse en 1968, tras un trabajo del profesor de la Universidad de Stanford, Paul R. Ehrlich (*The population bomb*) que advertía sobre los efectos explosivos asociados al hecho de que la población mundial se duplicaría en cuatro décadas. Sin embargo, en contraposición a estas visiones pesimistas, otros estudiosos han defendido que la escasez de recursos asociada a un aumento demográfico estimula el ingenio humano, propiciando avances tecnológicos y cambios institucionales que impulsan un rápido incremento en la producción de alimentos y del nivel de vida. Y, junto a estas dos visiones extremas, también tenemos otra más escéptica, que defiende que no puede demostrarse la existencia de una relación consistente, positiva o negativa, entre crecimiento demográfico y crecimiento económico.

Ante esta falta de acuerdo podemos buscar el consuelo de la Historia, pero ésta no nos garantiza el futuro. Sabemos que el centro de gravedad de la demografía mundial seguirá desplazándose desde los países ricos a los menos desarrollados y que muchos de estos se enfrentan a retos sin precedentes en lo que respecta al suministro y distribución de alimentos, agua, vivienda y energía.

El crecimiento de la población también suscita muchas inquietudes en temas como la degradación medioambiental y el cambio climático, ya que la creciente demanda de recursos y el aumento de los desechos resultantes de su uso suponen un gran impacto sobre un ecosistema complejo que se encuentra en un estado cada vez más delicado. Al mismo tiempo, la aceleración del ritmo de envejecimiento de la población en los países industrializados (y en no pocos países en desarrollo) puede crear nuevos desafíos en los ámbitos del crecimiento económico, la seguridad financiera y la viabilidad del denominado estado del bienestar en facetas tan importantes como la sanidad, la educación y el sistema de pensiones. Y el panorama mundial se complica aún más si tenemos en cuenta las incertidumbres actuales en torno a las pandemias, las guerras, la emigración, nuestra capacidad para la cooperación global, etc.

Al margen de dificultades, el cambio demográfico también creará nuevas oportunidades cuya concreción implica la toma de decisiones políticas destinadas a moldear la demografía y prevenir o aprovechar aquellas tendencias razonablemente más previsibles. Prestar atención a los indicadores demográficos y actuar de manera pro-activa sobre sus causas y consecuencias resultarán fundamentales para asegurar el bienestar humano.

## 5. El subdesarrollo energético

¿Sabían ustedes que los 19,5 millones de habitantes de Nueva York consumen en un año la misma electricidad que los 791 millones del África subsahariana? Está claro que, como dicen los anglosajones, *power is power* («potencia —o energía por unidad de tiempo— es poder») y que el acceso seguro a las fuentes de energía modernas constituye la base sobre la que se asienta la prosperidad de las economías avanzadas. En estas, el debate energético se centra en torno a la seguridad de suministro y la «descarbonización» del mix, mientras que en muchos otros países la prioridad es disponer de la suficiente energía para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes. No en vano el acceso a unos servicios energéticos asequibles y fiables es fundamental para reducir la pobreza, mejorar la salud, incrementar la productividad, aumentar la competitividad y promover el crecimiento económico.

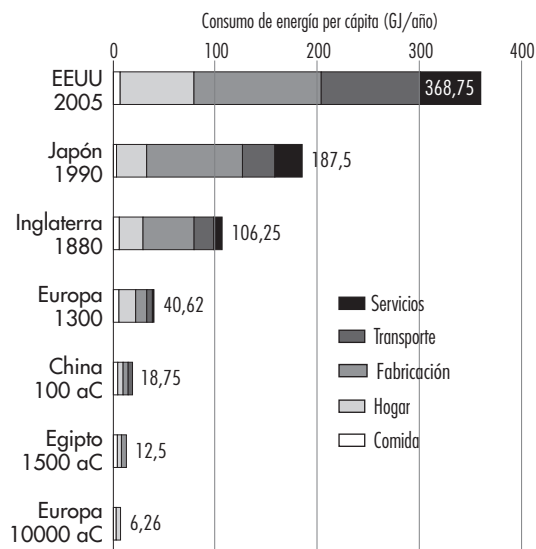
Un reciente informe de la Agencia Internacional de la Energía (*Energy for all: financing access for the poor*) nos da una idea cabal de la escandalosa magnitud que hoy en día adquiere el fenómeno del subdesarrollo energético en el mundo.

Resulta que más de 1.300 millones de personas (alrededor del 20% de la población mundial) carecen de acceso a la electricidad, y cerca de 2.700 millones dependen de la biomasa tradicional (básicamente leña y residuos agrícolas y ganaderos) para cocinar y calentarse. Aproximadamente, el 95% de estas personas sin acceso a los servicios modernos de la energía habitan en el África subsahariana y en zonas en vías de desarrollo de Asia, con el 84% de ellas residiendo en zonas rurales. El África subsahariana, que tan solo alberga el 12% de la población mundial, concentra casi el 45% del total mundial de las personas sin acceso a la electricidad, mientras que más de 1.900 millones de personas en Asia dependen casi exclusivamente de la biomasa. India encabeza la lista con 840 millones, país al que siguen Bangladesh, Indonesia y Pakistán, con más de 100 millones cada uno.

No está de más recordar que para aquellos que no disponen de electricidad el día termina mucho antes que en los países ricos, por falta de una iluminación adecuada que impide o dificulta la lectura y el estudio, mientras que la carencia de refrigeración no permite la conservación de alimentos y medicinas. Por otra parte, el uso intensivo y casi exclusivo de la biomasa tiene serias repercusiones negativas para la salud, el medioambiente y el desarrollo socioeconómico. Las mujeres y los niños pueden pasar muchas horas recogiendo combustible, lo que reduce de forma significativa el tiempo que pueden dedicar a actividades más productivas, como el pastoreo, la agricultura y la educación. Asimismo, la recolección de leña puede acarrear una progresiva deforestación cerca de los núcleos urbanos, lo que conlleva escasez local, la necesidad de desplazamientos más largos y penosos, así como graves daños al ecosistema. Además, la Organización Mundial de la Salud estima que en 2008 cerca de 1,4 millones de personas murieron prematuramente en los países en vías de desarrollo a consecuencia de la inhalación del humo emitido por la combustión de biomasa en el interior de las viviendas. Una incidencia mayor que la de la malaria y la tuberculosis y solo superada por la del SIDA.



**Figura 3.** — Evolución del consumo de energía per cápita (GJ/año) en los últimos 10.000 años



Fuente: Smil V. *Energy Myths and Realities*, 2010.

Ante esta realidad, el mundo no se está quedando de brazos cruzados y en 2009 invirtió 9.100 millones de dólares con el propósito de ampliar el acceso de la población mundial a los servicios modernos de la energía. Pero el problema es que, sin una acción más decidida, los pronósticos apuntan a que de aquí a dos décadas todavía 1.000 millones de personas seguirán sin electricidad, que la cantidad de gente desprovista de energías limpias para cocinar y calentarse seguirá siendo de 2.700 millones y que las muertes prematuras por inhalación de humos rondará los 1,5 millones, superando ya ampliamente la incidencia del SIDA. La AIE calcula que asegurar en 2030 el acceso universal a los servicios

modernos de la energía requiere de unas inversiones acumuladas de un billón de dólares, a un promedio de 48.000 millones anuales, lo que significa multiplicar por más de cinco las realizadas en 2009.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) también destaca que alcanzar el objetivo de universalizar el acceso a los servicios energéticos no supondría retrocesos significativos en los frentes de la lucha contra el cambio climático y de la seguridad energética. Suministrar electricidad a los que hoy en día carecen de ella tan solo supondría, a nivel global, aumentar la generación de electricidad en un 2,5%, la demanda de combustibles fósiles en un 0,8% y las emisiones de dióxido de carbono en un 0.7%. Un porcentaje este último equivalente a las emisiones anuales de Nueva York, pero que permitiría proveer de electricidad a una población cincuenta veces mayor.

¿Cuál sería el premio a ese esfuerzo?: Una contribución decisiva al desarrollo social y económico de miles de millones de personas y evitar cada año la muerte prematura de 1,5 millones de ellas.

## 6. Seguridad de suministro: el caso del petróleo

Uno de los tres frentes de batalla de la sostenibilidad energética es el de la seguridad del suministro. Y, como caso paradigmático de los desafíos que en este frente debemos encarar en el futuro, nos centraremos en el petróleo.

Sin duda, el petróleo es más que transporte. De los 159 litros contenidos en un barril, un 76,5-82% se utiliza como combustible en el transporte, un 1% para lubricantes, un 10-12% como fuente de calor, un 2-3% como asfaltos y el 5-7,5% restante en la petroquímica para la manufactura de fibras, plásticos, detergentes, medicamentos y un largo etcétera de más de tres mil productos de uso cotidiano, entre los que destacan los abonos y fertilizantes, básicos para la producción de alimentos a gran escala.

Sin embargo, transporte sí es sinónimo de petróleo. Hoy en día, cerca del 94% de la energía primaria consumida en el mundo por el sector del transporte proviene del petróleo; un 5% deriva del gas natural, líquido o comprimido, y un 1% de los biocarburantes. No es exagerado, por tanto, concluir que el sector del transporte es absolutamente dependiente de los combustibles líquidos derivados del petróleo.

Pues bien, el binomio petróleo-transporte constituye en la actualidad el eslabón más débil del sistema energético global. Básicamente, porque, como a continuación se detalla, existen serios riesgos e incertidumbres a propósito de la seguridad del suministro de petróleo a medio y a largo plazo.

En 2010, cada segundo que pasaba, el mundo consumía 159.552,1 litros de petróleo, más 2.392,36 litros de propina correspondientes a biocarburantes. Expresadas en la jerga petrolera habitual, estas cantidades equivalen, respectivamente, a 86,7 y 1,3 millones de barriles diarios (como ya se ha comentado, cada barril contiene unos 159 litros). ¿Cuánto necesitaremos en el futuro? Asumiendo las conclusiones del escenario de referencia de uno de los últimos informes de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en el año 2020 estaríamos hablando de 92,4 millones de barriles diarios (mbd) de petróleo y 2,3 mbd de biocarburantes, volúmenes que en 2035 aumentarían hasta 99,4 y 4,4 mbd. Centrándonos exclusivamente en el petróleo, los datos expuestos nos hablan de un incremento de 5,7 mbd para el periodo 2010-2020 y de 12,7 mbd entre 2010-2035. A primera vista no parece un desafío particularmente difícil de superar. Sin embargo, las apariencias engañan. Básicamente porque a estas cantidades, resultantes del aumento de la demanda, hay que sumarles las relacionadas con la pérdida de capacidad productiva de los campos actualmente en explotación.

La AIE ha abordado el análisis detallado de la extracción en 800 campos que en 2007 totalizaron más del 60% de la producción mundial. Los resultados obtenidos muestran que la tasa de declive promedia un 6,7% anual a nivel global y que este porcentaje podría elevarse al 8,6% en 2030. Con estos datos en la mano, el *World Energy Outlook* 2011 de la AIE señala que para satisfacer el crecimiento de la demanda y al mismo tiempo compensar el declive comentado, la industria tendrá que desarrollar durante el periodo 2010-2035 una nueva capacidad productiva cercana a los 60 millones de barriles diarios (mbd). Un volumen que equivale a casi 6 veces la existente hoy en Arabia Saudita (el primer productor mundial). Y el tiempo apremia, ya que, de aquí a seis años, en 2020, la nueva capacidad requerida será de 23 mbd, lo que supone algo más del doble de la producción actual de Arabia Saudita.

Este es el desafío más acuciante que el mundo y la industria petrolera tienen planteado y que la AIE cree posible resolver.

Contrariamente a lo que podemos leer en no pocos titulares de prensa, el petróleo no se acaba. A pesar de la poca transparencia y la disparidad de criterios existentes a la hora de contabilizar las reservas probadas, existen pocas dudas de que estas son suficientes para cubrir el aumento de la demanda mundial previsto para las próximas décadas. Pero esto no puede llevarnos a la conclusión, errónea, de que aunque el petróleo sea más caro en el futuro, su suministro está garantizado. Porque, al margen de conocer con mayor o menor precisión la disponibilidad de reservas, conviene analizar la situación y perspectivas existentes en torno a la producción para saber si la transformación de las reservas del subsuelo en flujos productivos, es decir, en barriles listos para su distribución a los mercados, se realizará a la velocidad necesaria.

Para entender mejor esta última idea me ayudaré de una parábola. Imagínense que estamos en una fiesta a la que cada vez acude más gente deseosa de pasárselo bien, para lo cual consume más y más cerveza. Para asegurar la continuidad de la fiesta es obvio que la cuestión *sine qua non* es disponer de suficiente cerveza. Pero también va a resultar crucial el adecuar el flujo de cerveza a la demanda, lo que implica que no solo importa el tamaño del barril sino las características del grifo. Si este resulta inadecuado para llenar las jarras al ritmo requerido, lo normal es que el descontento acabe por arruinar la fiesta. Y de poco va a servir que, para calmar los ánimos, se repita que no hay problema, que el establecimiento dispone de suficiente cerveza para todos. Así que no se den por satisfechos la próxima vez que alguien les comente que «tenemos reservas para cuarenta años» o que «hace cuarenta años que se dice que quedan reservas para cuarenta años». ¡Solo faltaría! La pregunta clave a responder no versa sobre las reservas, sino sobre la producción: ¿fluirá el petróleo a los mercados al ritmo y precio requeridos para garantizar un crecimiento sostenido de nuestra economía?

Y en este sentido, los riesgos se amontonan. Algunos de ellos son de naturaleza técnica, como: *a)* los costes de producción están aumentando como consecuencia del creciente desafío tecnológico al que se enfrenta industria; *b)* la industria está experimentando una alarmante escasez de personal, muy especialmente de científicos y técnicos cualificados; y *c)* la relación entre la energía obtenida mediante la extracción de petróleo y la energía consumida por este mismo proceso (o EROEI) está declinando de forma muy rápida, lo que significa que cada nuevo barril de reservas añadido tiene un contenido energético neto inferior.

Además, cabe considerar otros riesgos con un claro matiz geopolítico: *a)* la producción de petróleo en treinta de los cincuenta y cuatro estados productores ha sobrepasado ya su cenit, mientras que en otros diez se observa una tendencia al estancamiento, lo que significa que en el futuro el suministro de petróleo dependerá básicamente de un puñado de países, muchos de ellos integrados en la OPEP; *b)* la producción de petróleo convencional ajena a la OPEP ya ha superado el cenit y ha entrado en declive; y *c)* el mundo será cada vez más dependiente de las exportaciones de la OPEP. Este último punto implica la consolidación de un mercado oligopolista, no competitivo y el fin de la ilusión del «libre mercado» para el petróleo.

Otro grupo de riesgos se relaciona con las incertidumbres existentes en torno a la concreción de las inversiones necesarias para asegurar el suministro. Los principales obstáculos o barreras que podrían limitar o retrasar tales inversiones en los países productores son esencialmente de naturaleza geopolítica e incluyen: *a)* aquellos obstáculos asociados a las políticas de control del ritmo de extracción de recursos ejercidas por los gobiernos; *b)* los derivados del «petronacionalismo», que impide o limita el acceso de las compañías privadas internacionales a la explotación de los recursos; y *c)* los ligados a la inestabilidad política, amenazas terroristas o conflictos militares. Otros tipos de riesgos geopolíticos que pueden poner en peligro la seguridad del suministro, causando interrupciones temporales de éste, son los derivados de disputas entre países productores y de tránsito, así como los causados por conflictos o atentados terroristas que bloqueen las rutas comerciales a los mercados o dañen las infraestructuras de transporte.

Un número especial de la revista *Science*, editado en 2005 con motivo de su 125 aniversario bajo el sugerente título de «¿Qué es lo que no sabemos?», incluía en la lista de las veinticinco cuestiones de mayor impacto para el futuro inmediato de la humanidad, la pregunta: ¿Qué puede reemplazar al petróleo barato y cuándo? Ciento cincuenta años después del nacimiento de la industria del petróleo, ha llegado el momento de aplicarse urgentemente a la tarea de reemplazar un combustible del que depende cerca del 94% del transporte global y que, además, constituye la base de nuestro desarrollo socioeconómico. Una tarea que requiere el despliegue de un ambicioso plan de choque que combine medidas políticas con una decidida apuesta por la investigación y el desarrollo. Existen demasiados indicios que apoyan las tesis que nos advierten sobre el fin del petróleo fácil y barato y que nos estamos adentrando en la segunda mitad de la era del petróleo.

## **7. Economía y recursos naturales a principios del siglo XXI: ¿nuevo megaciclo o cambio de paradigma?**

Otro frente de batalla a tener presente en el combate de la sostenibilidad energética es el de la economía. En relación con la situación en este frente no ceñiré mi análisis a las cuestiones relacionadas con las materias primas energéticas, sino que incluiré éstas en un panorama más amplio: el del futuro de los recursos en general.

A lo largo del siglo XX, pese a diversos episodios de shock y volatilidad, los precios de los principales recursos (energía, materiales, agua y alimentos) cayeron casi a la mitad en términos reales o, en el mejor de los casos, como sucedió con la energía, se mantuvieron planos. Una tendencia que resulta sorprendente si tenemos en cuenta que durante el mismo período la población mundial se cuadruplicó y que el PIB mundial se multiplicó por veinte, lo que conjuntamente provocó un salto de entre el 600% y el 2.000% en la demanda de recursos.

El abaratamiento de estos se atribuye a un rápido desarrollo tecnológico y al descubrimiento de nuevas fuentes de suministro más baratas. Además, los precios no

suelen reflejar los costes íntegros de producción (la práctica de los subsidios está muy extendida) ni tampoco incluyen las externalidades asociadas a su utilización (como las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero).

Sin embargo, diferentes informes nos alertan de que en la primera década del siglo XXI, como consecuencia de un aumento acelerado de la demanda, la tendencia a la baja comentada se ha invertido, al mismo tiempo que la volatilidad está alcanzando máximos históricos.

De hecho, existen al menos cinco razones para suponer que en los próximos veinte años el desafío que el mundo tiene planteado en materia de recursos será muy diferente, en escala, al vivido en el pasado. La primera de ellas es que el rápido desarrollo económico en los mercados emergentes, particularmente en China e India, podría conducir en las próximas dos décadas a la aparición en el escenario económico global de hasta 3.000 millones de nuevos consumidores de clase media. La segunda es que expandir la oferta de recursos puede resultar cada vez más complicado en términos logísticos y políticos, de forma que la adición de nuevas capacidades resultará progresivamente más cara. Otra razón es que los diferentes recursos están cada vez más interrelacionados, de manera que un shock de precios en uno concreto puede afectar rápidamente los precios de los otros. La cuarta es que el impacto concreto de una demanda creciente de recursos sobre el medioambiente puede restringir la oferta. Y, la última, que más de 1.000 millones de personas no tienen cubiertas sus necesidades básicas de energía, agua y alimentos, y todo apunta a que la creciente concienciación y preocupación social exigirá de los gobernantes medidas concretas al respecto.

La combinación de estas cinco razones puede afectar negativamente el crecimiento económico, las finanzas públicas, el bienestar de los ciudadanos (en particular de aquellos que viven en los países más pobres) y suscitar peligrosas tensiones geopolíticas.

Llegados a este punto, la pregunta obligada es: ¿Qué podemos hacer?

Una opción es apostar, como hemos venido haciendo en el pasado, por una simple expansión del suministro capaz de cubrir el aumento de la demanda global de recursos. Pero esta expansión, liderada por la innovación tecnológica, podría acarrear serias consecuencias negativas sobre el medio ambiente. Por ejemplo, algunos cálculos nos dicen que en 2030, el consumo de agua tendría que aumentar en 1.850 km<sup>3</sup>, un 30% más que en la actualidad, mientras que la deforestación se acrecentaría en 140-175 millones de hectáreas y las emisiones de CO<sub>2</sub> en 66 gigatoneladas. Además, ampliar el suministro de agua hasta las tasas requeridas también supone encarar notables desafíos geopolíticos, de capital e infraestructuras.

Cada vez está más claro que, además de expandir la oferta, no nos va a quedar más remedio que aprovechar todas las oportunidades de mejora a nuestro alcance para aumentar la productividad en la extracción, conversión, distribución y uso final de los recursos. Algo que podría permitirnos cubrir entre un 13% y un 30% de la demanda de energía primaria, materiales, agua y suelo, prevista en el 2030, ahorrándonos de paso parte de las inversiones necesarias para aumentar su oferta.

En este sentido, un reciente estudio del *McKinsey Global Institute* analiza más de ciento treinta medidas de mejora de la productividad y su conclusión es que es necesario dar prioridad a quince grupos de ellas que, en conjunto, podrían representar cerca del 75% del total de las ganancias potenciales en productividad.

Enumeradas por orden de importancia, estas medidas se relacionan con: 1) la eficiencia energética en la edificación, 2) el rendimiento de las grandes explotaciones agrícolas, 3) el malbaratamiento de alimentos, 4) las fugas de agua en el abastecimiento a municipios, 5) la densificación urbana (conducente a una mayor eficiencia del transporte), 6) la eficiencia en la industria del hierro y del acero, 7) el rendimiento de las pequeñas fincas agrícolas, 8) la eficiencia de los combustibles en el transporte, 9) la incorporación de los vehículos eléctricos e híbridos, 10) la reducción de la degradación del suelo, 11) la eficiencia del uso final del acero, 12) el porcentaje de recuperación del petróleo y del carbón, 13) la optimización de las técnicas de irrigación, 14) la sustitución del transporte por carretera por el ferrocarril y la barcaza, y 15) la eficiencia en las plantas de generación de electricidad.

Unos desafíos que, además de una firme apuesta por la I+D+i, demandan un profundo cambio de mentalidad. Sin duda, en el futuro, vamos a oír hablar mucho de «economía circular» y de las «3 erres»: reducir, reutilizar y reciclar.

## 8. ¿Qué hacer? Una reflexión personal a modo de conclusión

Como ya hemos comentado, para evitar el derrumbe de cualquiera de los tres frentes de batalla simultáneos que tenemos abiertos en la búsqueda de la sostenibilidad energética, conviene buscar una posición de equilibrio, es decir, un compromiso a tres bandas, que podría articularse en torno a los siguientes puntos clave:

- Priorizar la investigación y el desarrollo.
- Priorizar la gestión de la demanda energética, poniendo en juego políticas de eficiencia, ahorro y de concienciación de la población en materia energética.
- Tener muy presente que desde el punto de vista de la oferta energética no cabe confiar a una sola tecnología la solución de los problemas que nuestra sociedad tiene planteados. No existe «una bala de plata». Necesitamos, sin exclusión, de todas las fuentes energéticas actualmente disponibles. Sobre esta base convendría: *a)* potenciar las energías renovables al máximo de sus posibilidades, *b)* apostar por el uso «limpio» de los combustibles fósiles, mediante la captura y el secuestro del dióxido de carbono y propiciando el uso de aquellos menos contaminantes, y *c)* «repensar» la contribución de la energía nuclear.
- Implementar una política efectiva de incentivos y de medidas disuasorias en la búsqueda de un compromiso entre medio ambiente y competitividad económica.
- Repercutir al consumidor los costes íntegros de la energía, tanto para conseguir un consumo más eficiente, como para afrontar las externalidades medioambientales y los costes de la I+D.

- Alcanzar pactos de Estado, y de Estados, en materia energética e integrar la política energética con las políticas económicas, ambientales, de seguridad, asuntos exteriores y de investigación y desarrollo.

En cualquier caso, conviene no olvidar que la búsqueda del baricentro del triángulo definido por los vértices del medio ambiente, economía y seguridad de suministro, resulta una estrategia válida asumiendo que dichos vértices tuvieran la misma prioridad.

Pero, si examinamos la pirámide del desarrollo humano y su relación con la energía, resulta que el nivel básico de desarrollo está marcado por el acceso a la energía. Una vez satisfecho este nivel, la siguiente preocupación es asegurar la seguridad y fiabilidad del suministro. Cubierto este aspecto, la preocupación es la eficiencia en los costes. A continuación se plantea la cuestión de eficiencia en los recursos; y, en la cima de la pirámide, en la que se ha instalado durante una época de bonanza sin precedentes gran parte del mundo industrializado, encontramos el capítulo de la aceptabilidad sobre qué tipo de energía nos convence o gusta más, esencialmente en función de su impacto medioambiental.

En la actual coyuntura de crisis económica, quizás debamos plantearnos si este posicionamiento en la cúspide, en el que la aceptabilidad adquiere el máximo protagonismo, es realista y puede mantenerse, dada la existencia de dificultades en temas más prioritarios, como son la eficiencia en los costes y la seguridad y fiabilidad del suministro.

