

## Tema 5. La energía y las políticas medioambientales

- Nuestra sociedad y el consumo de energía
- Los combustibles fósiles
- La energía nuclear
- Las fuentes renovables de energía
- La energía en el futuro
- La sociedad y el problema medioambiental
- ¿Cómo podemos salvar el planeta?

En las viviendas y en los centros de trabajo, la electricidad permite tener iluminación artificial para poder seguir manteniendo la actividad cuando cae la noche; además, disponemos de calefacción, aire acondicionado y muchos electrodomésticos que requieren energía para funcionar.

### NOS HACEMOS PREGUNTAS

¿Cómo se reparte la energía?

Parte de la humanidad, los habitantes del mundo desarrollado, nadamos en la abundancia energética: tenemos luz, calefacción o aire acondicionado cuando los necesitamos, disponemos de todo tipo de electrodomésticos que nos facilitan muchas tareas y nos desplazamos usando todo tipo de vehículos impulsados por combustibles fósiles. La otra parte de la humanidad sufre de pobreza energética. Muchos habitantes de países en desarrollo todavía no tienen acceso a la electricidad.

OPINA. ¿Te parece justo ese reparto de recursos? ¿Qué pasaría si se fuera la luz durante una semana en tu pueblo o ciudad?

### CLAVES PARA EMPEZAR

- ¿Qué energías renovables conoces?
- ¿Qué combustibles fósiles conoces?
- ¿Cuál es el principal problema ambiental que tiene el uso de los combustibles fósiles? ¿Qué otras fuentes de energía existen, además de las renovables y los combustibles fósiles?

### 1. Nuestra sociedad y el consumo de energía

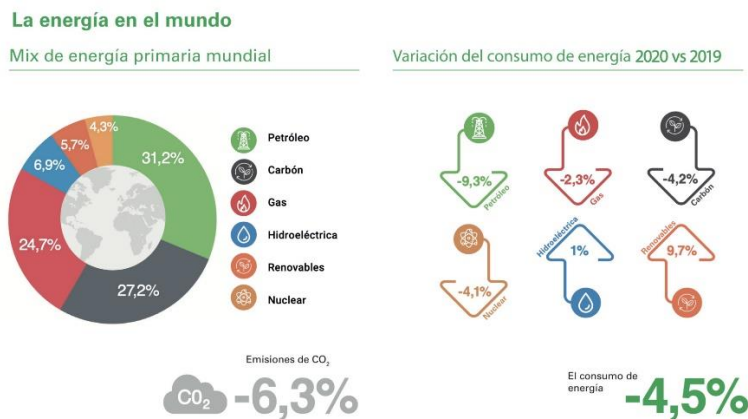
Desde que empezamos el día, necesitamos consumir energía para casi todas nuestras actividades: para calentar el desayuno, llegar a la calle si usamos ascensor, trasladarnos hasta nuestro centro de estudio o de trabajo, leer cuando hay poca luz natural, cocinar, usar ordenadores, calentar agua para lavarnos... Además, tanto los materiales que usamos, como el papel para escribir, como los edificios en los que vivimos, estudiamos o trabajamos requieren para su producción o construcción grandes cantidades de energía.

Las fuentes de energía se pueden clasificar en dos grupos, dependiendo de que puedan obtenerse de la naturaleza de forma limitada o indefinidamente.

- **Fuentes no renovables de energía.** Son los combustibles fósiles -carbón, gas y petróleo- y la energía nuclear.

- **Fuentes renovables de energía.** Incluye las energías solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica y los biocombustibles.

Como se ve en el siguiente gráfico, no todas las fuentes de energía se utilizan en la misma proporción.



## Desigualdades en el consumo energético

El consumo de energía en el mundo es tan desigual como la posesión de bienes materiales. La media mundial es de 297 W por persona; pero cada habitante de Estados Unidos consume 1460 W, mientras que uno de la franja de Gaza, en Palestina, solo tiene acceso a 0,02 W.

En el planeta hay unos 1100 millones de personas sin acceso a la electricidad. Hasta hace poco, usaban madera o bosta de animales para cocinar, y velas o lámparas de keroseno para alumbrarse. Actualmente, cada vez hay más hornos y lámparas solares que suplen a aquellas.



Horno solar. Permite cocinar empleando a energía solar.

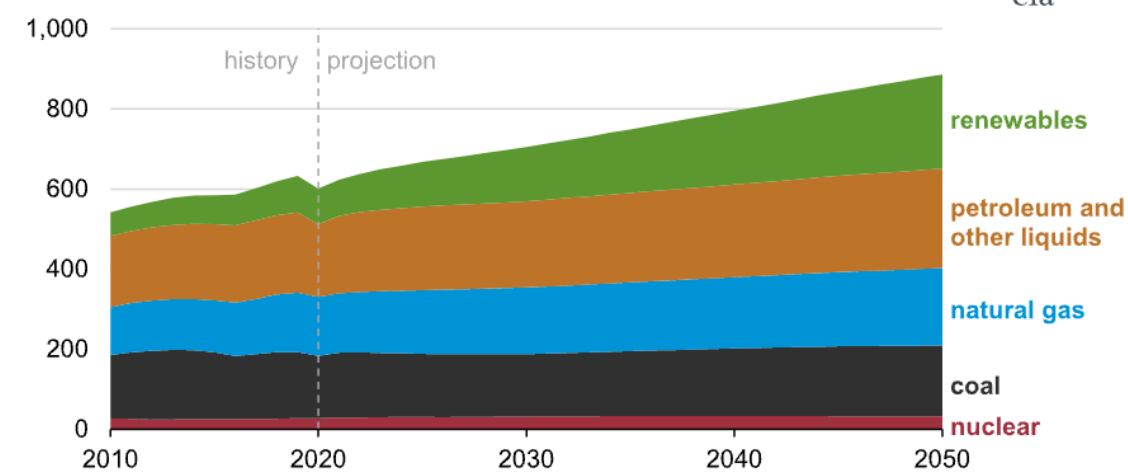


## El consumo de energía crece sin parar

Desde la Revolución Industrial, el consumo de energía en el mundo no ha dejado de crecer. Nuestro estilo de vida actual no podría existir sin el uso constante de energía y una sociedad consume más energía cuanto más desarrollada está.

El consumo mundial de energía de aquí a 2030 aumentará alrededor de un 40%. Según las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía, el incremento será debido fundamentalmente a la creciente demanda de las economías emergentes, especialmente China e India, que representarán más del 65% del consumo mundial en 2040. En los países desarrollados el consumo de energía también crece, pero lentamente y acorde con el crecimiento de la población.

**Global primary energy consumption by energy source (2010–2050)**  
quadrillion British thermal units



Fuente: US Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2021* Caso de referencia  
Nota: El petróleo y otros líquidos incluyen biocombustibles.

El problema es que cambiar de modelo energético no va a ser fácil, pues la civilización actual está organizada en torno a los combustibles fósiles: desde el calor necesario para fabricar una cuchara hasta la luz con la que leemos por la noche, casi todo es energía fósil. Desde el año 1800, el consumo de energía se ha multiplicado por más de 20, y actualmente los combustibles fósiles producen unos 12000 millones de kWh. ¿Cómo vamos a sustituirlos?

#### **SABER MÁS:** Energía sostenible, Objetivo 2030

Un estudio publicado en 2009 por la Universidad de Stanford, en Estados Unidos, clasificó las energías según su impacto en el calentamiento global, la contaminación, el gasto de agua, el espacio necesario y su impacto sobre los ecosistemas. Las energías más convenientes eran la eólica, la solar, la geotérmica y la hidroeléctrica. La nuclear, la térmica con captura del carbono y los biocombustibles, así como el petróleo y el gas natural, eran peores opciones. El estudio también adelantaba que los vehículos con baterías eléctricas o células de combustible recargados con energías renovables eliminarían el grueso de la contaminación del sector del transporte.

MARK Z. JACOBSON Y MARK A. DELUCCHI. Investigación y Ciencia, nº400, Enero de 2010.

## **2. Los combustibles fósiles**

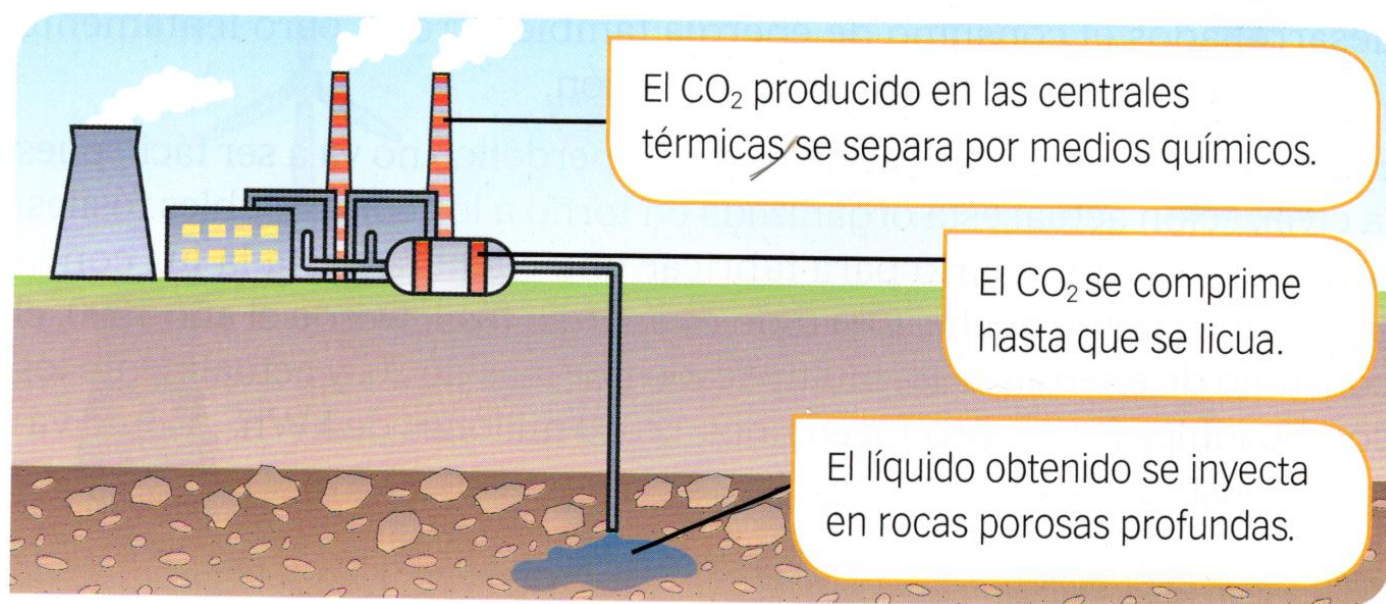
Los combustibles fósiles son fuentes de energía de origen biológico. Se originaron cuando grandes bosques o masas de plancton murieron y quedaron enterrados por sedimentos que impidieron su oxidación. Este proceso duró millones de años y requirió condiciones especiales, por lo que no puede ocurrir hoy día. Por tanto, estos depósitos no son renovables.

### **El carbón**

El carbón fue la fuente de energía que impulsó la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII. Actualmente suministra el 26% de la energía en el mundo, ocupando el segundo puesto por detrás del petróleo.

En los países más desarrollados el carbón se utiliza en **centrales térmicas** para la producción de electricidad y para calefacción, mientras que en muchos países en desarrollo sigue siendo el combustible doméstico básico. Durante su combustión se emite CO<sub>2</sub> y otros contaminantes. Se han estudiado muchas

formas de reducir el impacto medioambiental del uso del carbón. La principal es la **captura y almacenamiento de carbono**. En teoría, su aplicación permitiría reducir la emisión de GEI de las centrales térmicas de carbón entre un 80 y un 90%.



Los inconvenientes de este proceso son:

- La **seguridad**. Escapes naturales de CO<sub>2</sub> han causado grandes desastres en el pasado, por lo que las condiciones de almacenamiento deben ser muy estrictas.
- El **gasto energético**. La licuación y canalización del CO<sub>2</sub> requieren gastar entre un 25 y un 40% más combustible del inicial.
- El **incremento del precio** de la energía. Entre el 50 y el 100%.

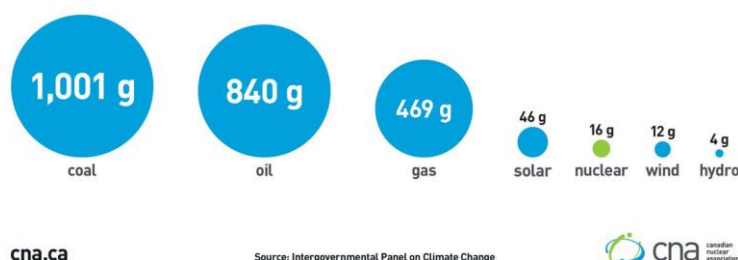
#### Ventajas del carbón:

- Tiene bajos costes de extracción y de transporte, ya que no requiere para su extracción sondeos caros y de resultado incierto. Su transporte no precisa de tratamientos previos ni ofrece riesgos.
- Los yacimientos de carbón están muy repartidos por todo el mundo. Nunca habrá guerras por el carbón, porque ninguna zona tiene la mayoría de las reservas.

#### Inconvenientes del carbón

Es el combustible que genera más gases de efecto invernadero por unidad de energía producida, además de hidrógeno, hollín y óxidos de azufre y nitrógeno.

CARBON EMISSIONS PER kWh



#### El petróleo

En estos momentos, el 35% de la energía que usamos proviene del petróleo. Este combustible consiste en una mezcla de hidrocarburos líquidos de origen orgánico.



La mayor parte del petróleo se originó hace unos cien millones de años, en el **periodo Cretácico**. En esta época se dieron unas condiciones particulares de niveles del mar elevados y clima tropical en todo el planeta, que favorecieron la aparición de enormes poblaciones de plancton en las plataformas continentales. Al morir el plancton, esas masas de materia orgánica fueron enterradas por sedimentos. Cuando estos eran impermeables, como los arcillosos, impidieron el paso de aire y la oxidación de la materia orgánica, con lo que los restos terminaron transformándose en petróleo.

Esta mezcla de hidrocarburos tal como se extrae es el **crudo**. Este se transforma en las refinerías en **docenas de productos**, como **gasolina, gasoil o diésel, fueloil, ceras, disolventes** y todos los productos que sirven para fabricar los plásticos.

Por esta multitud de usos, el petróleo se ha convertido en un recurso central y estratégico en la economía moderna. Los principales yacimientos se concentran en Oriente Medio, Norteamérica, Suramérica, África (Libia y Nigeria) e Indonesia.

La primera guerra del petróleo, llamada guerra del Golfo por librarse a orillas del golfo Pérsico, tuvo lugar en 1990; pero, sin llegar a las armas, diariamente se libra una batalla sorda en torno al precio del petróleo, un factor capital en la economía de todos los países.

Dadas su importancia y el peligro que su utilización supone para el medio ambiente, los científicos se preocupan por encontrar lo antes posible una fuente de energía que releve al petróleo, aliviando así la presión sobre el clima.

### Ventajas del petróleo

- Tiene un alto poder calorífico, lo que brinda una gran autonomía a los sistemas que lo usan. Con un pequeño depósito de combustible se obtienen muchas horas de trabajo.
- La combustión del petróleo emite un 72% del CO<sub>2</sub> que genera el carbón por unidad de energía producida.
- Los motores de los vehículos de transporte y de gran cantidad de máquinas están adaptados para su uso.

### Inconvenientes del petróleo

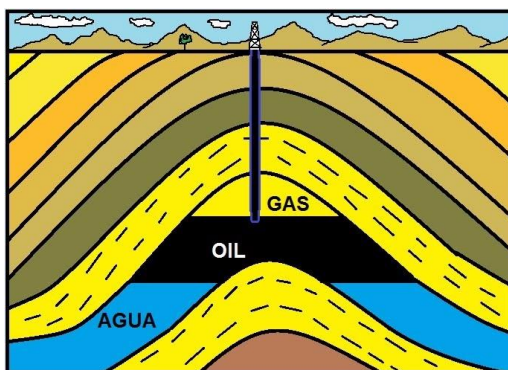
- Su consumo tiene graves efectos en el medio ambiente. Su transporte es causa de vertidos al mar de desastrosas consecuencias. A ellos habría que añadir los riesgos de vertidos en las explotaciones marinas, como el que devastó el Golfo de México en 2010 causando graves daños ecológicos.
- El enorme volumen de petróleo y sus derivados que se quema a diario, ¡más de diez millones de litros cada minuto!, es sin duda el gran responsable del cambio climático.
- Sus reservas están próximas al agotamiento.



Vertido de crudo en el golfo de México en 2010. Se derramaron 4,9 millones de barriles (un barril contiene 159 litros de petróleo).

## El gas natural

Gran parte de lo dicho sobre el petróleo se puede aplicar al gas natural, porque uno y otro aparecen en los mismos yacimientos; el gas, por ser menos denso, se encuentra en la parte superior.



El gas natural consiste en una mezcla de hidrocarburos gaseosos, metano en su mayor parte. Las dos principales regiones en las que se encuentra gas natural son Oriente Medio (Irán y Qatar sobre todo), con el 43% del volumen, y Asia Central (Rusia y Turkmenistán especialmente), con el 40%.

## Ventajas del gas natural

Las centrales de gas son más eficientes que las de carbón porque el gas natural es el hidrocarburo que menos CO<sub>2</sub> genera en la producción de electricidad, un poco más de la mitad que el carbón por unidad de energía. Por eso, si se sustituyesen las centrales térmicas que queman carbón por otras alimentadas con gas, se podría frenar el calentamiento global. El gas natural podría servir de fuente energética puente entre la civilización actual, basada en los hidrocarburos, y la futura sociedad descarbonizada en la que la energía proceda de alguna fuente libre de carbono.

## Inconvenientes del gas natural

Llama la atención que en los yacimientos de petróleo se quema el gas, en vez de utilizarlo para su consumo, como el petróleo. Es así porque, debido a la baja densidad y, por tanto, al gran volumen del gas, para poder transportarlo es necesario reducir dicho volumen comprimiéndolo a más de 70 bares. Este proceso requiere la construcción de una planta de tratamiento, que casi siempre es antieconómica. Pero esta combustión en el yacimiento genera GEI sin ningún aprovechamiento.

Buena parte del gas natural se transporta desde los yacimientos a los centros de consumo por medio de gasoductos. Esta construcción es cara y, si el conducto atraviesa zonas de interés ecológico, puede causar daños irreversibles.

La nueva forma de explotación de gas de yacimientos no convencionales por fracturación hidráulica, más conocida como **fracking**, resta muchos puntos al gas como combustible fósil limpio.

### **SABER MÁS. El fracking: la explotación de gas por fracturación hidráulica.**

Algunas rocas son ricas en hidrocarburos, pero no son porosas, por lo que dichos hidrocarburos son difíciles de extraer. En estos casos se emplea la fracturación hidráulica o fracking, que consiste en inyectar mediante un sondeo agua a presión con una serie de compuestos químicos que sirven para reducir la fricción o eliminar bacterias. Esto produce en la roca fracturas que facilitan la movilización de los hidrocarburos. Las profundidades típicas varían entre 900 y 2500 m.

Las rocas más típicas son los esquistos. Debido a ello, al gas obtenido a partir de ellas se le llama **gas de esquisto**. El **fracking** puede suponer graves problemas medioambientales y su huella ecológica es mayor que la del gas natural convencional.

La explotación de estos yacimientos supone un aumento de la disponibilidad de gas que hace que su precio baje. El abaratamiento del gas estimula su consumo e impide la implantación de las fuentes sin huella de carbono, como las renovables o la nuclear.

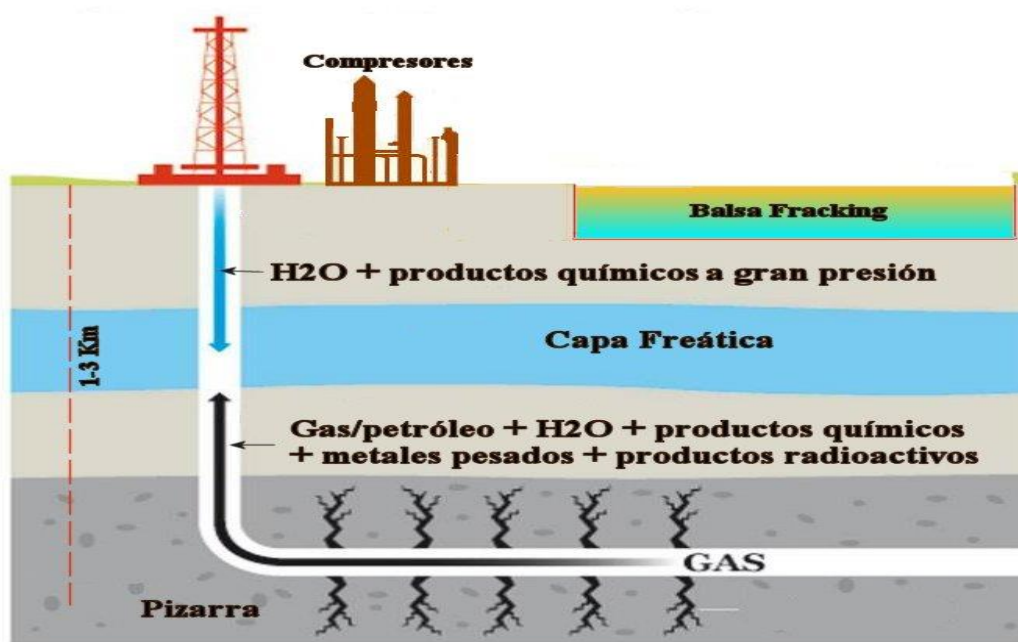
El fracking, como las explotaciones de gas y petróleo del Ártico, parece mostrar la voluntad del ser humano de no dejar en sus yacimientos ni una gota de petróleo ni una molécula de gas. Esta es una conducta suicida, porque algunos cálculos recientes indican que, si no se deja sin explotar el 80% del carbón, el 50% del gas y el 30% del petróleo, el aumento de temperatura sobrepasará los 2 °C, un límite por encima del cual las consecuencias medioambientales pueden ser muy graves.

#### **Inconvenientes del fracking:**

**Gran consumo de agua.** Un sondeo típico requiere la inyección de unos quince millones de litros de agua. Esta gran demanda conflictos por el abastecimiento de las poblaciones, ya que se trata de un recurso de primera necesidad.

**Contaminación de las aguas subterráneas por gas.** El gas obtenido puede pasar a los acuíferos si la entubación no se hace con rigor.

**Contaminación de las aguas subterráneas por los aditivos químicos.** Entre ellos están el benceno y el xileno, que son nocivos para la salud y podrían contaminar los acuíferos próximos.



### 3. La energía nuclear

La energía nuclear se obtiene por un proceso denominado **fisión nuclear**, en el que un elemento radiactivo, en general el uranio, se fisiona, es decir, se fragmenta en otros dos elementos emitiendo energía.

Para confinar el calor producido, la fisión nuclear se lleva a cabo en el interior de grandes vasijas de hormigón llamadas **reactores**. En su interior se encuentra el material fisionable en barras separadas por agua enriquecida en deuterio (agua pesada), que actúa como moderador de la velocidad de la fisión. El calor originado sirve para producir vapor, el cual mueve una turbina que acciona un generador eléctrico.

Según datos de 2016, hay 444 centrales nucleares en funcionamiento en todo el mundo, que proporcionan el 11 % de la energía que se consume. Desde que en 1954 se construyó la primera de ellas, las centrales nucleares han sido, y siguen siendo, el centro de una intensa batalla

medioambiental, que se ha reactivado cada vez que se producía un accidente.



### Ventajas

- No emite GEI ni otros gases nocivos, como óxidos de azufre o nitrógeno. Esta forma de energía podría ser útil para luchar contra el calentamiento global.
- Las centrales actuales son las instalaciones industriales más seguras: solo ha habido tres accidentes importantes en 60 años.
- Las reservas probadas de uranio durarán 80 años, plazo suficiente para que se ponga en marcha la energía de fusión nuclear.

### Inconvenientes

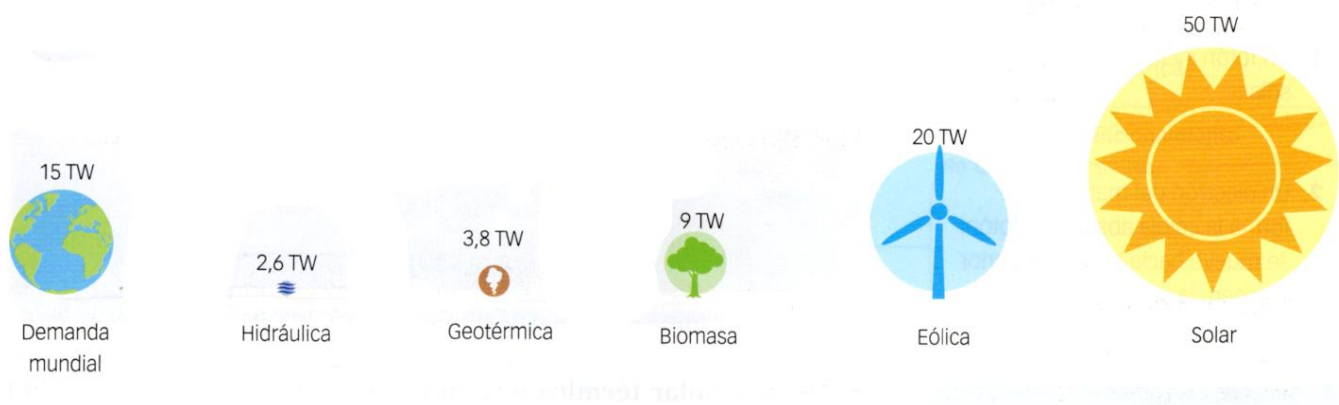
- La construcción de las centrales es carísima. El coste de mantenimiento tampoco es muy atractivo, porque es semejante al que podría ofrecer en un futuro no lejano una combinación de renovables con técnicas mejoradas.
- A pesar de su teórica seguridad, son frecuentes las alarmas por fugas en las centrales. No hay que olvidar la peligrosidad de la radiación y la larga duración de sus efectos.
- El tratamiento de los residuos radiactivos es un problema irresoluble, como lo demuestra el hecho de que, tras décadas de estudios, aún no se haya encontrado ni un solo lugar seguro donde depositarlos.

## 4. Las fuentes renovables de energía

Las energías renovables tienen su origen en dos fuentes:

- **La energía solar.** Cada segundo, cada metro cuadrado de la superficie del planeta recibe 1,36 kW de energía solar. Además de calentar la Tierra, esta energía hace crecer la vegetación, mueve la atmósfera y evapora el agua, que al elevarse adquiere energía potencial. Esta energía es la fuente que produce la biomasa de la que obtenemos los biocombustibles, así como las energías solar, eólica e hidroeléctrica.
- **El calor interno que emite la Tierra.** Se puede aprovechar como energía geotérmica.

La energía solar es la única de las renovables con capacidad para sustituir a las energías fósiles, seguida de lejos por la eólica. El resto puede aportar cantidades marginales de energía.



**Potencia que pueden aportar las distintas fuentes de energía renovables para cubrir la demanda global de energía.** La unidad de potencia es el vatio ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ ;  $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$ ).

Aunque, por el momento, las energías renovables son minoritarias respecto a las energías fósiles, su uso aumenta muy rápidamente. Los anteriores relevos de fuentes de energía -de la madera al carbón y de este al petróleo y al gas- llevaron entre 50 y 70 años. Hace falta tiempo para cambiar las infraestructuras; por ejemplo, para construir miles de centrales solares, y también para que la nueva fuente y sus aplicaciones se universalicen.

### Ventajas

- No emiten gases de efecto invernadero.



- Son inagotables.
- Ofrecen los mismos rendimientos que el petróleo o el gas.

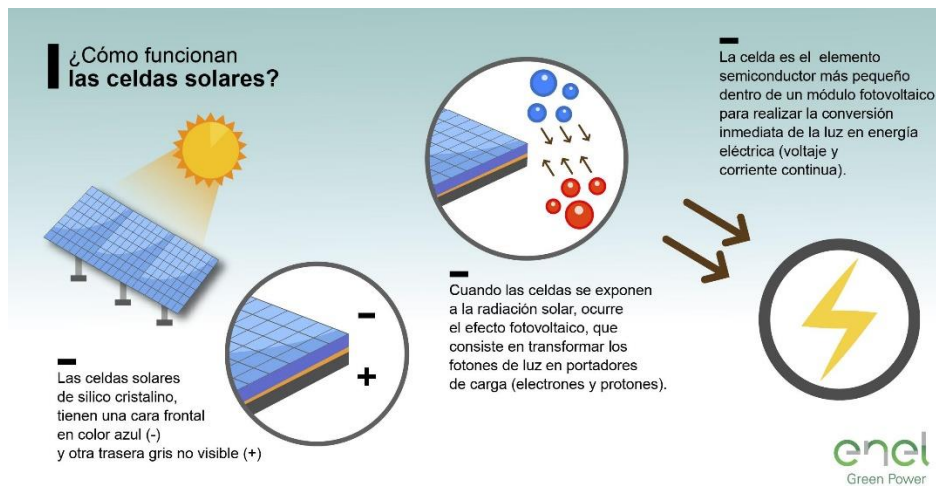
### Inconvenientes

- Son minoritarias.
- Son más caras.
- No pueden almacenarse, excepto los biocombustibles.

### La energía solar

La energía solar es la renovable que está creciendo más rápidamente en el mundo, a un ritmo cercano al 30% anual. Se captura de dos formas:

- **Energía solar fotovoltaica.** Se emplean paneles fotovoltaicos que la transforman en electricidad. Este sistema para obtener energía se usa desde hace cincuenta años en las sondas espaciales y actualmente equipa un número cada vez mayor de viviendas; es la mejor solución para producir electricidad en zonas aisladas que no pueden conectarse a la red.



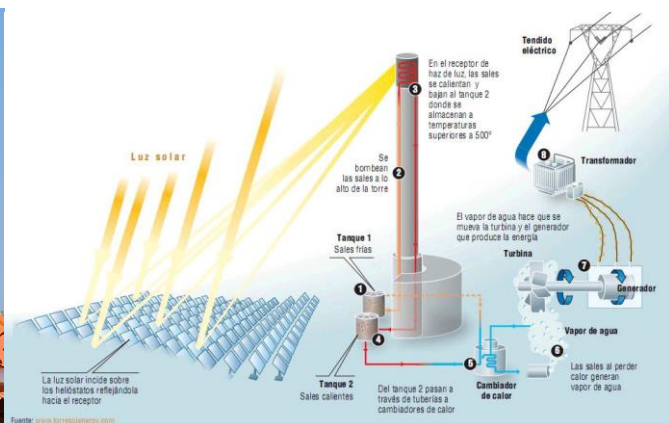
### Esquema del funcionamiento de un panel solar fotovoltaico.

- **Energía solar térmica o termosolar.** La energía del Sol se utiliza para calentar agua u otro tipo de fluidos mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. En las centrales termosolares se utiliza un conjunto de espejos que envían la radiación solar a un único punto, donde se alcanzan temperaturas muy altas que producen vapor de agua para mover una turbina y generar electricidad.

En la Cumbre del Clima de París, en 2015, se creó, a propuesta de India, la Alianza Solar, que agrupa a 120 países, la mayoría asiáticos, africanos y latinoamericanos, principalmente tropicales. También participan países europeos, como Francia. La propuesta consiste en aunar esfuerzos y compartir tecnología para conseguir abaratar la producción de paneles solares.



Paneles solares térmicos de uso doméstico.



Esquema central termosolar

## Ventajas

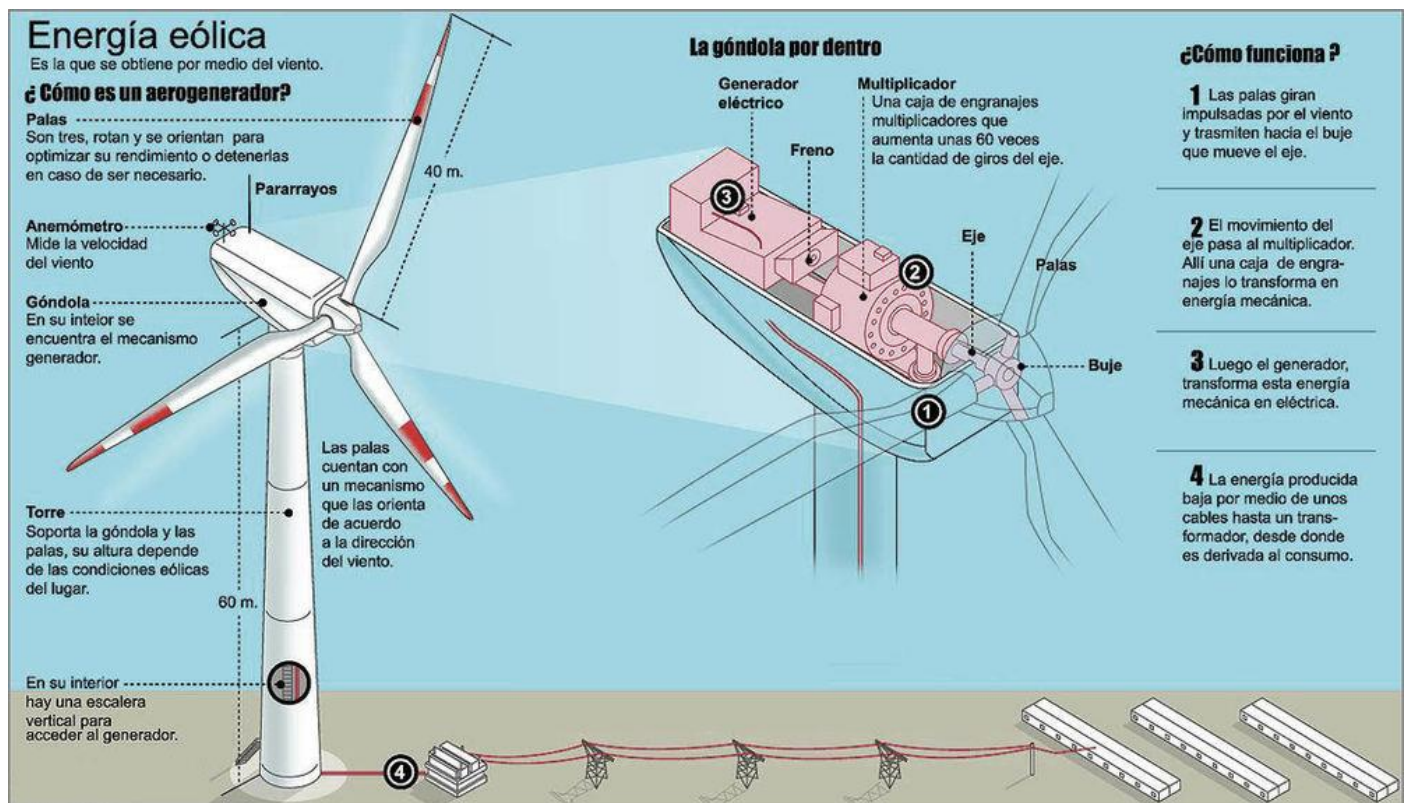
- Es una energía limpia.
- Es inagotable.
- Podría, teóricamente, tomar por sí sola el relevo de las fósiles.

## Inconvenientes

- La fabricación de paneles solares es cara, requiere mucha energía y cantidades elevadas de metales poco abundantes, como plata y estaño. Por ello, cada kilovatio hora producido cuesta cuatro o cinco veces más que el generado en una central térmica o nuclear. Sin embargo, un panel solar cuesta hoy cien veces menos que hace cuarenta años. En 2020 la energía solar podría ser más barata que el carbón, pero de momento tiene que ser subvencionada por los gobiernos. Empezaría a ser competitiva si el petróleo se encareciese mucho.
- Su producción es intermitente: en días nublados el rendimiento de una central se reduce muchísimo.
- No puede almacenarse, pues no existen sistemas rentables que permitan almacenar la electricidad.

## La energía eólica

Los aerogeneradores, los herederos de los antiguos molinos de viento, utilizan el movimiento de sus aspas no para moler grano, sino para generar electricidad mediante un generador.



La energía eólica ha sido la tercera fuente de generación eléctrica en España en 2015. España es, tras Alemania, el segundo país europeo en producción de energía eólica y el quinto país del mundo por potencia eólica instalada, tras China, Estados Unidos, Alemania e India. Existen también parques eólicos marinos, más eficientes que los terrestres, porque en el mar el viento es más fuerte y constante. Dinamarca obtiene el 57 % de su energía de estos parques marinos.

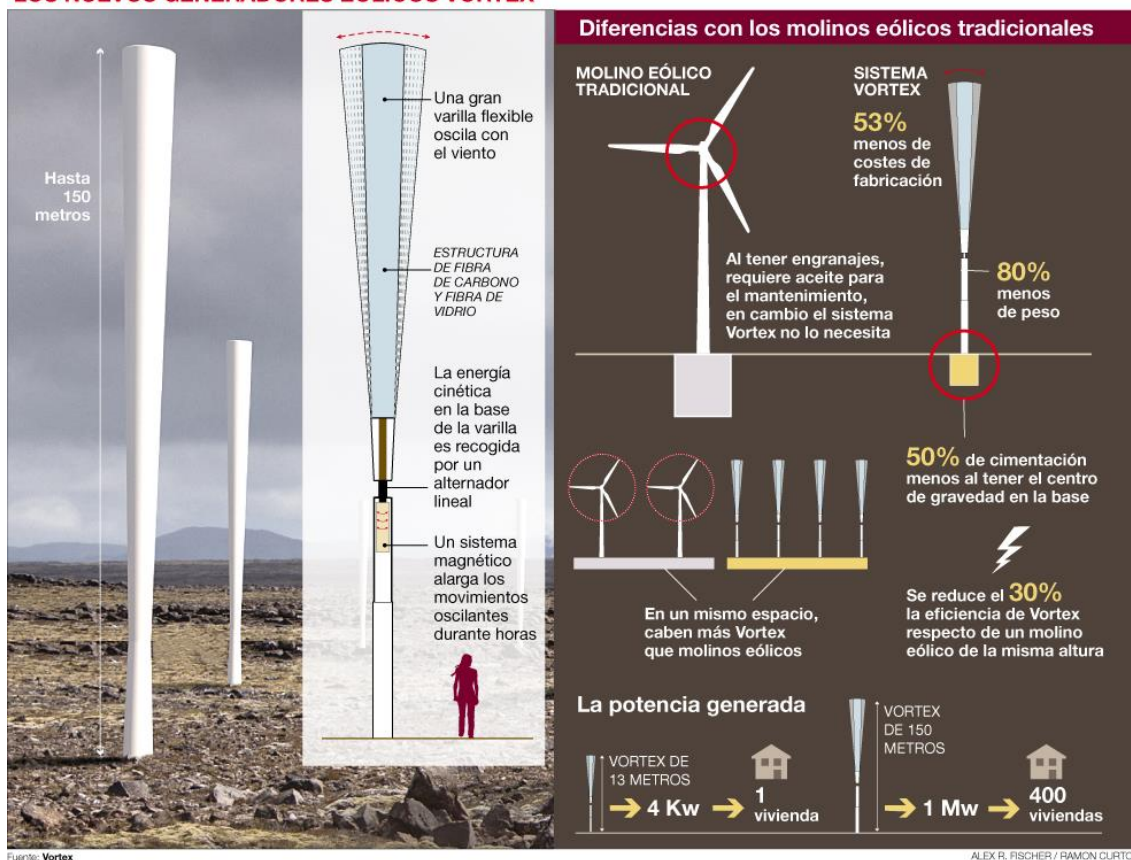
## Ventajas

- Es una energía limpia.
- Es inagotable.
- Podría, teóricamente, tomar por sí sola el relevo de las fósiles.

## Inconvenientes

- La energía que se produce no se puede almacenar; por eso es necesario consumirla en el momento.
- El viento es un fenómeno muy variable y puede haber picos de producción seguidos de momentos de calma con actividad mínima.
- Los aerogeneradores producen ruido, que causa molestias a los habitantes cercanos. Una solución para evitar este problema ha sido construir los parques eólicos en relieves abruptos, lejos de las poblaciones.
- Los lugares donde se ubican los parques eólicos suelen coincidir con zonas de paso de aves migratorias, las cuales mueren al colisionar con los aerogeneradores.
- Los aerogeneradores no pueden situarse cerca de un aeropuerto porque el movimiento de sus aspas produce en los radares señales parecidas a las de un avión pequeño, que confunden a los controladores aéreos.

### LOS NUEVOS GENERADORES EÓLICOS VORTEX



## La energía hidroeléctrica

Para obtenerla, se crea un salto de agua mediante una presa y se hace fluir el agua por una turbina, cuyo giro produce electricidad. El 19% de la energía mundial tiene este origen, pero este porcentaje tenderá a descender, porque la mayor parte de los emplazamientos posibles de presas ya están utilizados.

Una innovación interesante son las **presas reversibles**, dotadas de un sistema de bombeo que, cuando hay exceso de energía eléctrica en la red, eleva el agua a otra presa río arriba. El agua vuelve después a la presa inicial, recuperándose parte de la energía. Las ventajas e inconvenientes de la energía hidroeléctrica coinciden con los de las presas, que ya se han descrito en la unidad anterior.

## La energía geotérmica

Es la única fuente de energía renovable que no depende del Sol, sino del calor interno de nuestro planeta. En algunas zonas el **gradiente geotérmico** es alto y se puede aprovechar el calor de las rocas. Los emplazamientos en los que se obtiene la energía geotérmica pueden ser de dos tipos:



- **De baja energía.** Solo proporcionan agua caliente. Para obtenerla se instalan unas tuberías que inyectan agua en el subsuelo, donde se encuentran rocas a temperatura elevada. El agua caliente se emplea para calefacción o agua caliente sanitaria.

- **De alta energía.** Son aquellos yacimientos que emiten vapor, el cual se emplea para mover una turbina y producir electricidad. Las centrales geotérmicas más importantes están en Filipinas, California y, sobre todo, en Islandia, país que produce por este medio el 66% de su energía.



Central geotérmica en Islandia.

### Ventajas

- Es una energía limpia.
- Es prácticamente inagotable.

### Inconvenientes

- En este momento esta fuente suministra únicamente el 0,3% de la energía mundial, ya que solo está disponible en aquellas zonas que tengan un vulcanismo muy activo y un mínimo de pluviosidad para recargar los acuíferos que proporcionan el vapor.
- Las instalaciones son costosas.
- Los gases volcánicos, que contienen óxidos de azufre, pueden ser contaminantes, además de corrosivos para la instalación.

### Los biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles líquidos, como el bioetanol (alcohol) o el biodiésel (hidrocarburos), que se obtienen a partir de cultivos vegetales ricos en azúcares, como los cereales, o en grasas, como la colza o el girasol. Son una posible alternativa a la gasolina y el diésel que se usa en los vehículos. Estos biocombustibles se emplean mezclados con la gasolina en proporciones variables.

Los biocombustibles han sido la gran estrella de las energías renovables en el siglo XXI, ya que se consideraron la solución ideal, la más ecológica, al problema del combustible, ya que las plantas absorben CO<sub>2</sub> durante su crecimiento, lo que contrarresta el emitido en su combustión.

Todavía más prometedora se presenta la opción de utilizar como materia prima residuos vegetales, como restos de cultivos o de madera ricos en celulosa que no requieren un cultivo específico y, por tanto, no dañan la agricultura. El futuro de los biocombustibles puede estar en ellos, aunque no se han desarrollado aún las técnicas necesarias para transformar la celulosa en biocombustibles.

### Ventajas

- Son una fuente renovable de energía que puede sustituir en parte al petróleo.

- Su producción se puede ajustar fácilmente a la demanda.
- Se pueden almacenar.
- Su uso reduce la dependencia de las importaciones de petróleo.

#### Inconvenientes

- Los alimentos se encarecen porque la producción de biocombustibles requiere grandes superficies de terreno, que podrían estar dedicadas a cultivos de alimentos. Si el vegetal que se dedica a la producción de combustible es de uso alimentario, como el maíz, el girasol o la caña de azúcar, el precio del alimento correspondiente aumentará debido a su escasez. Algunas grandes subidas de precios en alimentos básicos se han achacado a este efecto.
- En el caso de los países tropicales, muchos de estos nuevos cultivos se siembran arrebatando terreno a la selva. Con la deforestación ya no hay bosque que absorba CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis y contribuya a reducir su concentración atmosférica. Además, se pierde la gran biodiversidad que albergan estas selvas, poniendo en riesgo de extinción a numerosos seres vivos.

### 5. La energía en el futuro

Las energías renovables pueden ser la solución para dejar de consumir energías fósiles, pero no están libres de problemas. Los científicos aspiran a soluciones más radicales.

#### La fusión nuclear

En el interior de las estrellas, los núcleos de los átomos de hidrógeno, acelerados a grandes velocidades, se funden y dan lugar a núcleos de helio generando una gran cantidad de energía. Este es el proceso que se intentará duplicar en un **tokamak**, un reactor toroidal, es decir, con forma de rosquilla, de 5000 toneladas de peso. En este reactor se emplean campos magnéticos muy potentes para confinar deuterio y tritio, dos isótopos de hidrógeno que se pueden obtener del agua de mar. Para que ocurra la fusión, dichos isótopos se deben comprimir y alcanzar temperaturas de 150.000.000 °C, con lo que generan helio y hasta 500 MW de potencia térmica que movería una turbina, la cual generaría energía.

Aún no se ha conseguido construir un reactor de fusión rentable económicamente, pese a que se están invirtiendo importantes recursos para alcanzar este objetivo.

#### Ventajas

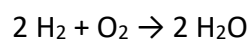
- La fusión nuclear combinaría las ventajas de las energías renovables (no emite GEI ni ningún otro producto contaminante) con las mejores cualidades de las fósiles: energía continua día y noche.

#### Inconvenientes

- La fusión presenta numerosos problemas técnicos, que derivan, principalmente, de la dificultad de mantener confinado un gas a una temperatura tan alta.
- Uno de los productos empleados, el tritio, es bastante radiactivo.
- Se generan neutrones muy energéticos que, por una parte, hacen que se produzcan algunos residuos radiactivos de baja actividad y, por otra, causan un grave deterioro de los materiales.

#### Las pilas de combustible

Una pila de combustible, o celda de combustible, es un tipo de batería que convierte la energía química del combustible que la alimenta en energía eléctrica mediante la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno.



Las pilas de combustible se diferencian de las baterías en que emplean un flujo continuo de combustible y de oxidante. El combustible suele ser **hidrógeno gaseoso**, aunque también se puede usar el hidrógeno contenido en diversos combustibles, como el gas natural, el metanol, el diésel o incluso la biomasa.

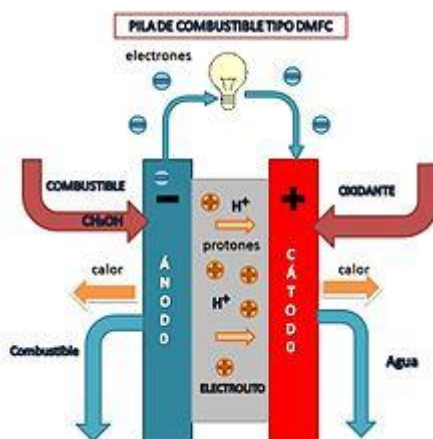
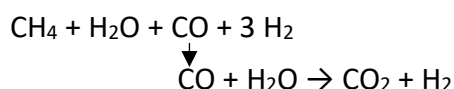


Actualmente, se emplean grandes pilas de combustible para suministrar electricidad a edificios y pequeñas poblaciones. Pilas más pequeñas se usan en autobuses y coches eléctricos o para suministrar electricidad a caravanas. Otros dispositivos de menor tamaño pueden emplearse, en un futuro, en ordenadores portátiles o teléfonos móviles, proporcionándoles mayor autonomía.

Los automóviles eléctricos alimentados con una pila de combustible despiertan un gran interés, pues no generan ninguna contaminación al funcionar. Aunque se están ensayando prototipos desde la década de 1990, son muy pocos los modelos disponibles que emplean esta tecnología. Para que estos automóviles se generalicen, hace falta que se desarrolle una **economía del hidrógeno**, de modo que recargar hidrógeno sea tan fácil como hoy lo es recargar gasolina.

Actualmente, el hidrógeno se obtiene de dos fuentes:

- A partir del agua. El hidrógeno se puede aislar por electrólisis, en una reacción inversa a la que se produce en la pila de combustible. La electrólisis requiere un gasto bastante elevado de energía eléctrica.
- A partir del metano. Es el modo más habitual. Cuando se hace reaccionar el metano ( $\text{CH}_4$ ) con vapor de agua, se desprende hidrógeno:



Esquema del funcionamiento de una pila de combustible.

### Ventajas

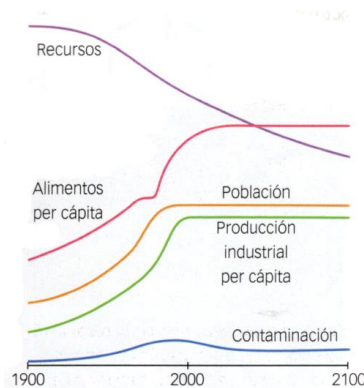
- No produce ningún contaminante al funcionar: su único producto es agua.

### Inconvenientes

- No existe una red generalizada de suministro de hidrógeno.
- El hidrógeno presenta un riesgo elevado de explosión, por lo que se deben extremar las medidas de seguridad.
- Cuando el hidrógeno se obtiene por hidrólisis, consume mucha energía eléctrica, que generalmente procede de combustibles fósiles y genera GEI; si se obtiene del metano, genera 12 kg de  $\text{CO}_2$  por cada kg de hidrógeno producido.
- Para emplear el hidrógeno en vehículos y otras aplicaciones que requieran mucha potencia, es preciso comprimirlo a cientos de atmósferas. Al sumar la energía gastada en la obtención del hidrógeno, más la necesaria para comprimirlo, la electricidad obtenida es cuatro veces más cara que la generada en la red eléctrica.

## 6. La sociedad y el problema medioambiental

Toda la sociedad depende del medio ambiente, pero hay cuatro colectivos especialmente implicados en los temas medioambientales: los **grupos ecologistas**, que denuncian los problemas; **los científicos**, que los investigan y buscan soluciones; **los políticos**, que elaboran leyes de protección del medio, y **los jueces**, que velan por su cumplimiento.



**Proyección del Club de Roma para alcanzar el crecimiento cero en el siglo XXI.** Una estabilización de la actividad industrial y de la población permitiría la estabilidad alimentaria y de la contaminación y una disminución moderada de los recursos naturales.

### La comunidad científica y el problema ambiental

Los científicos tienen dos tipos de actitudes ante el tema medioambiental: una es de estudio y denuncia, y otra de mitigación.

- **El Club de Roma.** En 1968 se reunió en Roma un grupo de científicos y políticos para discutir sobre el futuro de la humanidad. Cuatro años después, publicó un informe, *Los límites del crecimiento*, que ha conocido varias actualizaciones, la última en 2012. El Club de Roma dio la primera voz de alarma sobre los problemas medioambientales. Su tesis es que un desarrollo ilimitado es imposible en un planeta con recursos limitados, como lo demuestra que la huella ecológica de la humanidad sea ya muy superior a la superficie del planeta. Por ello, propusieron frenar el desarrollo antes de que fuese demasiado tarde.

- **El Comité Intergubernamental sobre el Cambio Climático** (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). La comunidad científica reaccionó pronto ante el problema medioambiental más urgente. En 1988, el climatólogo James Hansen advirtió que la emisión de GEI ya había alterado el clima del planeta, y ese mismo año las Naciones Unidas crearon este comité, en el que se integraron casi 3000 científicos de todas las áreas relacionadas con el clima. Hasta ahora, el IPCC ha emitido seis informes sobre el estado del clima (en 1990, 1995, 2001, 2007, 2013 y 2022), en los que ha afirmado que, con un margen muy alto de probabilidad, el calentamiento global es consecuencia de la actividad humana.

- **La Geoingeniería** aspira a dar soluciones técnicas para influir en el clima terrestre y combatir el calentamiento global. Los escasos intentos realizados hasta ahora en ese sentido han tenido resultados discutibles y han encontrado una fuerte oposición por parte de las organizaciones ecologistas.

### La comunidad política y el problema medioambiental

Hay, al menos, un ejemplo de que los gobiernos han sabido reaccionar ante un problema medioambiental grave. Cuando en 1974 varios científicos británicos advirtieron que el ozono estaba desapareciendo sobre la Antártida, se llegó al acuerdo de prohibir, en el Protocolo de Montreal, la fabricación de clorofluorocarburos, las sustancias causantes del problema; a pesar de ello, la ozonósfera no se recuperará totalmente hasta 2075.

Pero no es lo mismo prohibir una sustancia química como los clorofluorocarburos, que se pueden reemplazar fácilmente, que dejar de consumir carbón o petróleo. Los sucesivos acuerdos para limitar el **calentamiento global**, como el **Protocolo de Kioto**, han conseguido muy poco en este sentido, ya que la mayoría de las medidas que se propusieron fueron voluntarias. Parecía que la humanidad se estaba quedando sin tiempo para tomar decisiones. El 12 de diciembre de 2015 es una fecha histórica en la lucha por frenar el cambio climático. Ese día se aprobó, en la **21ª Conferencia sobre el Clima**, el llamado **Acuerdo de París**, que entrará en vigor en 2020, tras difíciles negociaciones entre las delegaciones de 195 países.

En la reunión, 186 países presentaron sus compromisos para reducir sus emisiones de GEI, aunque se reconoció que estas propuestas eran insuficientes: sin otras medidas, el aumento térmico alcanzaría los 2,7 °C.

Los principales puntos aprobados fueron los siguientes:

- El aumento de temperatura en 2100 respecto a la temperatura media preindustrial debe ser muy **inferior a 2°C**, y se debe hacer un esfuerzo para que sea **inferior a 1,5 °C** -recordemos que la temperatura ya se ha elevado más de 1°C sobre la preindustrial-. Este objetivo se logrará mediante compromisos nacionales verificables (por el IPCC) de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.
- A partir de la fecha de entrada en vigor del acuerdo, los países desarrollados aportarán 100.000 millones de dólares al año para ayudar a los no desarrollados a cambiar su economía a fin de que no altere el clima.
- Los compromisos se revisarán al alza cada cinco años, con el objetivo de alcanzar, en la segunda mitad del siglo, un equilibrio entre emisión y absorción de gases de efecto invernadero.

## 7. ¿Como podemos salvar el planeta?

Existen dos tendencias claras respecto a qué debemos hacer si queremos un planeta vivo. Una de ellas admite que **continúe el crecimiento económico**, mientras que la otra plantea que **debemos empezar a decrecer**.

### Desarrollo sostenible

El concepto de **desarrollo sostenible** fue propuesto en 1987 por una comisión de Naciones Unidas, que lo definió así: «El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades).

Precisaba además que:

- No se explotarán los recursos renovables a un ritmo mayor que el de reposición, y tampoco más que en la medida en que los recursos no renovables sean sustituidos por recursos alternativos.
- No se arrojarán al medio más residuos que los que pueda absorber.

En 2015 se celebró la Cumbre de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible, que adoptó oficialmente esta doctrina socioeconómica.

### ¿ES POSIBLE ALCANZAR EL DESARROLLO SOSTENIBLE? UN DEBATE CLAVE

#### Puntos a favor

Es el único modelo de sociedad propuesto hasta ahora para resolver el problema medioambiental

Se basa en la solidaridad, un valor esencial en un mundo problemático.

Al igual que las organizaciones ecologistas, el desarrollo sostenible rechaza el crecimiento, porque perjudica al medio ambiente.

Esta idea cuenta con un fuerte apoyo en el mundo científico.

El desarrollo sostenible define una política clara basada en la explotación de recursos renovables.

Propone un modelo impecable de gestión de los recursos no renovables.

El desarrollo sostenible protege al medio ambiente de la contaminación.

Asegura el aumento de empleo sin problemas medioambientales.

El desarrollo sostenible permitiría desviar grandes cantidades de recursos a los países en desarrollo.

Lo apoyan de forma casi unánime los políticos de todo el mundo.

#### Puntos en contra

Hay serias dudas de que el modelo sea realizable: la mayor parte de la humanidad vive de forma insostenible.

Es dudoso que exista la solidaridad suficiente para resolver los problemas de un mundo superpoblado y de recursos limitados.

La distinción entre desarrollo y crecimiento no está clara: el primer concepto se usa en las conferencias medioambientales, pero los ministros de Economía siempre usan el segundo.

Hay excepciones notables, como James Lovelock, el impulsor de la teoría Gaia.

Esta política no se está cumpliendo: estos recursos, como la pesca, se consumen a mayor ritmo del que se pueden reponer.

Esta gestión es difícilmente sostenible: el petróleo, por ejemplo, se consume más rápido de lo que se sustituye por energías alternativas.

Solo en teoría: la realidad es que aún se vierten al medio más contaminantes de los que este puede absorber.

Hasta ahora, cualquier aumento de empleo ha implicado mayor consumo de recursos y mayores impactos.

Un desarrollo sostenible auténtico implicaría desindustrializar los países más avanzados.

En numerosas ocasiones, los políticos no han tomado las medidas más adecuadas en temas medioambientales.

### Decrecimiento, una solución

Está claro que la humanidad ha roto el equilibrio con el planeta en su conjunto, como lo indica la huella ecológica global. En otras palabras: nuestra civilización es insostenible: el planeta no puede soportar el nivel actual de consumo y de desechos.

En esta situación, no parece realista recomendar más desarrollo. Por muy cuidadoso que este fuese con nuestro entorno, seguiría aumentando la carga sobre el planeta. Por ejemplo, no podemos suprimir de un día para otro las energías fósiles, porque a corto plazo las renovables no pueden hacerse cargo de muchas tareas de alto consumo energético.

Por tanto, la única solución es olvidar el actual modelo económico, que propone el crecimiento indefinido, y su estilo de vida consumista. Empiezan a oírse palabras nuevas en la gestión del planeta. Por ejemplo, **decrecimiento**, propuesta por el premio Nobel de Economía Robert Solow para los países desarrollados. Una forma de reducir nuestra huella ecológica y de transmitir a los países en desarrollo la idea de que éramos un mal ejemplo, y de que lo hemos advertido a tiempo.

¿Una utopía? Seguramente. Pero, al menos, no es contradictoria. Como ha dicho James Lovelock: «El desarrollo sostenible es un concepto contradictorio. Es imposible cualquier tipo de desarrollo. Ya hemos ido demasiado lejos, y lo que necesitamos es una retirada sostenible del caos en el que nos encontramos ahora.