

11-1-2006

# Carbon Dioxide and Climate Changes

Gregorio Marbán

Ana Arenillas

Ángeles Gómez Borrego

Teresa Valdés-Solís Iglesias

Marta Álvarez Rodríguez

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: [https://digitalrepository.unm.edu/la\\_energy\\_education](https://digitalrepository.unm.edu/la_energy_education)

---

## Recommended Citation

Marbán, Gregorio; Ana Arenillas; Ángeles Gómez Borrego; Teresa Valdés-Solís Iglesias; Marta Álvarez Rodríguez; Jesús M. Arrieta López de Uralde; Alexandra Coello Camba; Carlos M. Duarte Quesada; Neus Garcías Bonet; Núria Marbà Bordalba; Aurore Regaudie de Gioux; Sergio Ruiz Halpern; María Sánchez Camacho; Raquel Vaquer Suñer; Roberto Martínez Orio; Isabel Suárez Díaz; Ignacio Cruz Cruz; Diego Martínez Plaza; and Fernanda Sánchez Ojanguren. "Carbon Dioxide and Climate Changes." (2006). [https://digitalrepository.unm.edu/la\\_energy\\_education/6](https://digitalrepository.unm.edu/la_energy_education/6)

This Book is brought to you for free and open access by the Latin American Energy Policy, Regulation and Dialogue at UNM Digital Repository. It has been accepted for inclusion in Educational Materials on Latin American Energy by an authorized administrator of UNM Digital Repository. For more information, please contact [disc@unm.edu](mailto:disc@unm.edu).

---

**Authors**

Gregorio Marbán, Ana Arenillas, Ángeles Gómez Borrego, Teresa Valdés-Solís Iglesias, Marta Álvarez Rodríguez, Jesús M. Arrieta López de Uralde, Alexandra Coello Camba, Carlos M. Duarte Quesada, Neus Garcías Bonet, Núria Marbà Bordalba, Aurore Regaudie de Gioux, Sergio Ruiz Halpern, María Sánchez Camacho, Raquel Vaquer Suñer, Roberto Martínez Orio, Isabel Suárez Díaz, Ignacio Cruz Cruz, Diego Martínez Plaza, and Fernanda Sánchez Ojanguren









Instituto Nacional del Carbón

# INCAR

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



Instituto Nacional  
del Carbón (CSIC)

c/Francisco Pintado Fe, 26  
La Corredoria  
33011 - Oviedo - Asturias  
Apdo. 73, 33080 - Oviedo

Tel. +34 985 119090  
Fax. +34 985 297662  
<http://www.incar.csic.es>



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



CONSEJO SUPERIOR  
DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS

INSTITUTO NACIONAL DEL CARBÓN



GOBIERNO DEL  
PRINCIPADO DE ASTURIAS

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y DESARROLLO RURAL



OSCCP

Oficina para  
la Sostenibilidad,  
el Cambio Climático  
y la Participación



PCTI  
ASTURIAS



FECYT



# ÍNDICE



## Preámbulo

## Agradecimientos

## Introducción

CO<sub>2</sub> y cambio climático ..... Paneles P<sub>a</sub> y P<sub>b</sub>

## Cambio Climático

¿Por qué cambia el clima? ..... Panel P<sub>1</sub>

Cambio climático en la historia de la Tierra..... Panel P<sub>2</sub>

Evolución del clima en los últimos miles de años..... Panel P<sub>3</sub>

¿Cómo conocemos el clima del pasado?..... Panel P<sub>4</sub>

La maquinaria de la Biosfera ..... Panel P<sub>5</sub>

El efecto invernadero ..... Panel P<sub>6</sub>

¿Cómo afectaría el cambio climático incontrolado  
a la evolución de los ecosistemas terrestres?..... Panel P<sub>7</sub>

¿Cómo afectarían las emisiones incontroladas de CO<sub>2</sub>  
a la evolución de los ecosistemas marinos? ..... Panel P<sub>8</sub>

¿Cómo afectaría el cambio climático incontrolado  
a la Península Ibérica?..... Panel P<sub>9</sub>

El impacto social del cambio climático incontrolado..... Panel P<sub>10</sub>

El protocolo de Kioto ..... Panel P<sub>11</sub>

Los políticos frente al cambio climático..... Panel P<sub>12</sub>

## Ciudadano

Nosotros y el CO<sub>2</sub>..... Panel P<sub>13</sub>

Nuestros hogares y el medio ambiente ..... Panel P<sub>14</sub>

Hogares del futuro ...y más allá..... Panel P<sub>15</sub>

El reciclaje y el medio ambiente ..... Panel P<sub>16</sub>

## Energía

El negro panorama energético actual .....	Panel P <sub>17</sub>
¿Qué podemos hacer ya? .....	Panel P <sub>18</sub>
La combustión del carbón .....	Panel P <sub>19</sub>
Captación y almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....	Panel P <sub>20</sub>
¿Cómo separamos el CO <sub>2</sub> ? .....	Panel P <sub>21</sub>
La aportación del INCAR .....	Panel P <sub>22</sub>
Ya tenemos el CO <sub>2</sub> puro. ¿Qué hacemos ahora con él? .....	Panel P <sub>23</sub>
¿Y si no generamos CO <sub>2</sub> ? Energía hidroeléctrica.....	Panel P <sub>24</sub>
¿Y si no generamos CO <sub>2</sub> ? La energía del viento.....	Panel P <sub>25</sub>
¿Y si no generamos CO <sub>2</sub> ? La energía del sol .....	Panel P <sub>26</sub>
¿Y si no generamos CO <sub>2</sub> ? Energía del mar y de la tierra.....	Panel P <sub>27</sub>
¿Y si no generamos CO <sub>2</sub> ? Energía nuclear .....	Panel P <sub>28</sub>

## Transporte

Nuestro coche y el medio ambiente .....	Panel P <sub>29</sub>
Transporte. Primera fase.	
Coches híbridos de bajo consumo .....	Panel P <sub>30</sub>
La biomasa, ¿el futuro energético de la humanidad? .....	Panel P <sub>31</sub>
Transporte. Segunda fase.	
Biocombustibles convencionales .....	Panel P <sub>32</sub>
El conflicto alimentos - bioenergía.....	Panel P <sub>33</sub>
Transporte. Tercera fase.	
Biocombustibles de futuro .....	Panel P <sub>34</sub>
Transporte. Cuarta fase.	
Hidrógeno y pilas de combustible .....	Panel P <sub>35</sub>
La "Economía del Hidrógeno".	
¿Una meta a nuestro alcance? .....	Panel P <sub>36</sub>

**Consejo Superior de Investigaciones Científicas** .....

Panel P<sub>c</sub>

**Instituto Nacional del Carbón**.....

Panel P<sub>d</sub>

## Autores



Es más fácil negar las cosas  
que enterarse de ellas

Mariano José de Larra  
(1809-1837)





# PREÁMBULO

Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) no han dejado de aumentar desde la época preindustrial debido a las actividades humanas. La unanimidad de los científicos a la hora de interpretar las observaciones y evidencias que se están produciendo en la Tierra por este efecto es cada vez mayor, los estudios climáticos ponen de manifiesto la relación entre el cambio climático y el aumento de concentraciones de GEI.

La labor de los científicos en facilitar el acceso a información relevante en materia de cambio climático contribuye notablemente a incrementar la sensibilización y la concienciación de la sociedad frente a los problemas ambientales.

Un grupo de científicos del INCAR ha puesto en marcha una interesante iniciativa para acercar el conocimiento sobre el cambio climático al público, a través de una exposición itinerante que está recorriendo diversos espacios de uso público cotidiano, como son las grandes superficies comerciales. Los contenidos de esta muestra gráfica se presentan ahora en este libro acompañados de explicaciones que ayudan a la comprensión del riesgo que el calentamiento global representa para los sistemas naturales y socioeconómicos y de la importancia de las actuaciones de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

Se trata de un intento de llegar al ciudadano con un mensaje claro sobre las causas y efectos que producen los comportamientos poco sostenibles de nuestra sociedad sobre el medio ambiente y la importancia de dar una respuesta desde lo individual con un cambio en nuestros patrones de consumo, fomentando hábitos responsables, como el ahorro de energía, la utilización del transporte público, el uso responsable de recursos como el agua o la gestión adecuada de los residuos en nuestras viviendas.

El papel que la educación y la sensibilización tienen para moldear actitudes, valores y conductas, facilita que las personas y los colectivos advirtamos la necesidad de cambiar nuestro estilo de vida para que éste sea compatible con la renovación natural de los recursos y con la conservación de los ecosistemas naturales y, en definitiva, con el desarrollo sostenible.

Nieves Roqueñí Gutiérrez  
Directora de la Oficina para la Sostenibilidad,  
el Cambio Climático y la Participación  
del Principado de Asturias



# CO<sub>2</sub> Y CAMBIO CLIMÁTICO

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los organismos regionales del Principado de Asturias, la Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación (OSCCP) y la Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología (FICYT), así como a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) por su apoyo económico en la edición de este libro. Asimismo, agradecemos a Cajastur la financiación de los paneles de la exposición "CO<sub>2</sub> y Cambio Climático".

Este libro es fruto de las colaboraciones de investigadores del Instituto Nacional del Carbón de Oviedo (INCAR-CSIC), del Institut Mediterrani d'Estudis Avançats de Esporles - Mallorca (IMEDEA, CSIC-UIB), del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Los textos que acompañan a los paneles ilustrativos han sido cuidadosamente corregidos por los Doctores Carlos Abanades, Ángeles Gómez y Ana Arenillas, todos ellos del Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC). El listado completo de autores y participantes se encuentra al final del libro. Determinados textos que aparecen en el libro han sido adaptados de otros que se encuentran diseminados en Internet, tras ser contrastados para verificar su idoneidad. Algunas imágenes también han sido obtenidas del ciberespacio. Estamos agradecidos a todas las personas anónimas que desinteresadamente ofrecen tan soberbia información con sensibilidad y solidaridad. Es obligado agradecer a Concha Prieto (INCAR-CSIC) su esmerada labor organizativa como responsable de divulgación del INCAR, fruto de la cuál ha sido el éxito de la exposición itinerante "CO<sub>2</sub> y cambio climático", origen de este pequeño libro y que a fecha de noviembre de 2008 ya ha sido exhibida en varios centros comerciales e instituciones educativas de Asturias y Cantabria ([www.incar.csic.es/ExpoCO2/](http://www.incar.csic.es/ExpoCO2/)).



Gregorio Marbán  
Instituto Nacional del Carbón  
Oviedo, Noviembre de 2008



# INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático ya no es una cuestión a debatir; es un problema global de cuya solución depende en gran medida el futuro de la Humanidad. El acuerdo científico, prácticamente unánime, sobre el efecto negativo en el calentamiento global de las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la actividad humana, no tiene un reflejo paralelo en los medios de comunicación, algunos de ellos viciados por argumentos no contrastados de comunicadores que generan una opinión con más fuerza mediática en la sociedad que la de los verdaderos científicos. Esta pequeña guía de la exposición itinerante "CO<sub>2</sub> y Cambio Climático" ([www.incar.csic.es/ExpoCO2/](http://www.incar.csic.es/ExpoCO2/)) pretende mostrar de forma sencilla el conocimiento científico actual sobre la influencia humana en el calentamiento global, y, concretamente, el papel de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el clima terrestre. Se expondrán pruebas sobre la realidad del cambio climático, predicciones, la problemática del sector energético y del transporte, así como el tipo de actuaciones que se deberían llevar a cabo de modo sostenible para mitigar este problema que nos afecta a todos. La exposición se divide en cuatro zonas con paneles explicativos sobre el cambio climático y su efecto sobre los distintos ecosistemas, el papel del ciudadano ante el cambio climático, nuestros hábitos y la necesidad de un uso racional de la energía, el problema del sector energético actual y las posibles alternativas limpias y, finalmente, el reto del sector transporte ante el cambio climático.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**





# CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático. Evolución a lo largo de la historia terrestre. Pruebas de la influencia humana. Predicciones. Situación en España. Actuaciones políticas (Kioto, etc.).



# CAMBIO CLIMÁTICO

## Clima y tiempo atmosférico no son lo mismo

Uno de los errores más comunes a la hora de discutir el fenómeno del cambio climático consiste en considerar que el tiempo atmosférico y el clima de un lugar son la misma cosa. El tiempo atmosférico a una hora determinada viene determinado por la temperatura, presión atmosférica, dirección y fuerza del viento, cantidad de nubes, humedad, etc., registrados en el instante que se considera. Se comprende que el tiempo atmosférico cambia rápidamente por la alteración de cualquiera de estas variables. No hace la misma temperatura a las 12 del mediodía que a las 6 de la mañana.



Por otro lado también puede decirse que Madrid, París y Caracas tienen el mismo tiempo en un momento dado si, por ejemplo, las tres capitales están siendo bañadas simultáneamente por una fina lluvia y experimentan la misma temperatura. Sin embargo, es evidente que estas tres ciudades no tienen el mismo clima, ni siquiera parecido. Prueba de ello es la diferente vegetación que rodea a cada una de ellas: exuberantemente tropical en Caracas, abundante en bosques y praderas en París y más bien esteparia y reseca en Madrid.

Así pues, el tiempo traduce algo que es instantáneo, cambiante y en cierto modo irrepetible; el clima, en cambio, aunque se refiere a los mismos fenómenos, los traduce a una dimensión más permanente, duradera y estable.

De esta manera podemos definir el tiempo como "el estado de la atmósfera en un lugar y un momento determinados"; y el clima como "el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan el lugar promediadas en un largo intervalo de tiempo".

La confusión entre tiempo y clima puede llevar a una persona que contemple un descenso temporal de las temperaturas de su pueblo o ciudad al error de interpretar que el calentamiento global es un invento de los científicos. El clima es un sistema complejo, por lo que su comportamiento es muy difícil de predecir, y se ve afectado por multitud de factores. De entre todos ellos, la actividad humana lleva décadas presentándose como uno de los más decisivos.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

Los cambios climáticos son más negativos cuanto más bruscamente tienen lugar

En sus 4.600 millones de años de edad la Tierra ha pasado por numerosas etapas de frío y calor, mientras la composición de la atmósfera evolucionaba y la configuración de los continentes sufría constantes variaciones debidas a la tectónica de placas. En esas condiciones la vida que surgió del mar tuvo que sufrir continuas adaptaciones. La Historia de la Tierra nos enseña que la adaptación es posible cuando los cambios son paulatinos. Con cambios bruscos la vida se ve más limitada para reaccionar, llegando a la práctica desaparición si las variaciones son especialmente catastróficas. Sin embargo, la vida siempre vuelve a surgir esplendorosa tras los periodos de decaimiento. El hombre está provocando un cambio climático con sus emisiones de  $CO_2$  y su tendencia al consumo insostenible. La brusquedad del cambio es tal que podría provocar la desaparición de un gran número de especies sobre la Tierra, poniendo en peligro el desarrollo del propio ser humano. Sabemos que pase lo que pase la vida volverá a poner las cosas en su lugar, pero si el hombre no asume ya su responsabilidad en la conservación de los ecosistemas se verá abocado a adaptarse a nuevas e insospechadas formas de subsistencia, que pueden hacer de su existencia en la Tierra un camino lleno de obstáculos.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

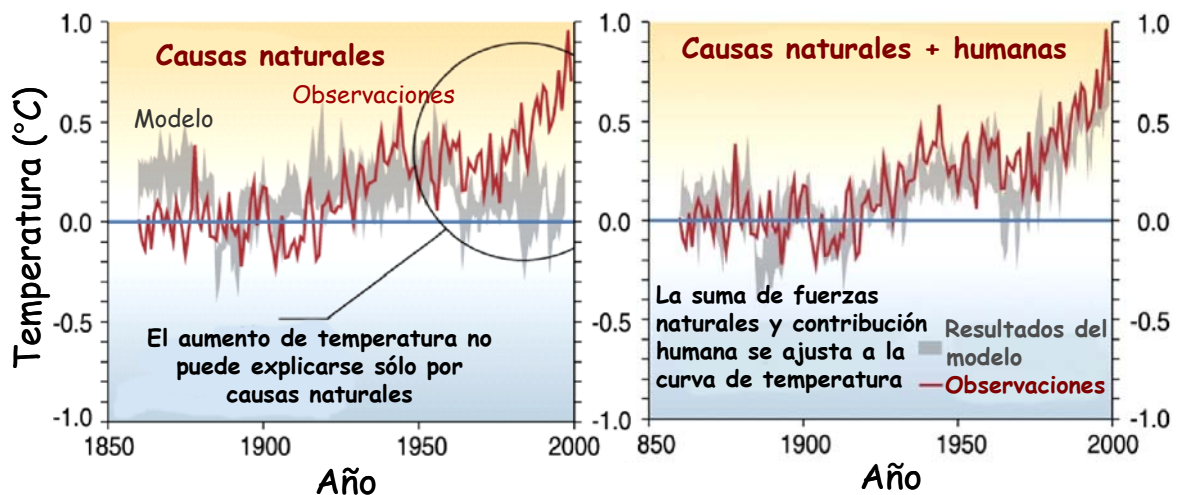
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

El aumento de la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  y de la temperatura global en las últimas décadas no encuentra precedente en los 800.000 años anteriores

A pesar de la gran variabilidad del clima en los últimos ochocientos mil años, con constantes glaciaciones seguidas de periodos cálidos interglaciares, nunca se había observado un aumento de la temperatura global como el acontecido en las últimas décadas. A pesar de la persistencia en los medios de comunicación de teorías polémicas ya superadas por los científicos, éstos han alcanzado un acuerdo prácticamente unánime: la causa de esta subida de la temperatura global se halla en el aumento paralelo de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, que es también la más elevada de los últimos ochocientos mil años. En la actualidad, los niveles de  $\text{CO}_2$  alcanzan las 387 partes por millón, un 40% más que en el inicio de la revolución industrial.



La inmensa mayoría de los científicos están de acuerdo; el aumento de la temperatura global registrado en las últimas décadas se debe a la actividad humana con una certidumbre superior al 90%. EL DEBATE QUE EXISTE EN ALGUNOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN, PROMOVIDO POR SECTORES NO CIENTÍFICOS, NO TIENE PARALELISMO EN EL SENO DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## ¿Qué es la paleoclimatología?

La palabra paleoclimatología se deriva de la raíz griega "paleo", que significa "antiguo", y del término clima. Por tanto es el estudio del clima pasado. Así mismo, el paleoclima es el clima que existió antes de que los seres humanos empezaran a hacer mediciones instrumentales de temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento, etc.

En estos términos, los paleoclimatólogos no poseen ni trabajan con datos medidos instrumentalmente, sino que se basan en determinados indicadores indirectos, para inferir cómo fueron las condiciones climáticas en el pasado y los procesos de cambio de las mismas.



Los cambios climáticos provocaron modificaciones importantes en los sedimentos, en la flora y en la fauna, que ahora se encuentran fosilizados. Estos fósiles han quedado como documentos que atestiguan los cambios climáticos del pasado.

Los indicadores son registros más o menos continuos de un solo parámetro, como por ejemplo la tasa de acumulación de sedimentos, la pluviosidad, la temperatura del agua, distintas asociaciones de plantas, etc. Estos indicadores han de ser analizados en su conjunto, e integrados para reconstruir las condiciones climáticas en un determinado periodo. Además deben ir acompañados de dataciones absolutas para conocer la edad del material en el que se ha determinado el indicador. Por ejemplo, para sedimentos de miles de años de antigüedad se usan las dataciones de carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ).





# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## La Biosfera, el ser vivo global

La Biosfera es el sistema material formado por el conjunto de los seres vivos propios del planeta Tierra, junto con el medio físico que les rodea y que ellos contribuyen a conformar. Este significado de "envoltura viva" de la Tierra, es el de uso más extendido, pero también se habla de Biosfera a veces para referirse al espacio dentro del cual se desarrolla la vida, formado por la combinación de la Litosfera (capa más superficial de la Tierra sólida), la Hidrosfera (mares, ríos, lagos y aguas subterráneas) y la Atmósfera (capa de gas que rodea al planeta).



La Biosfera tiene propiedades que permiten hablar de ella como un gran ser vivo, con capacidad para controlar, dentro de unos límites, su propio estado y evolución.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## El efecto invernadero

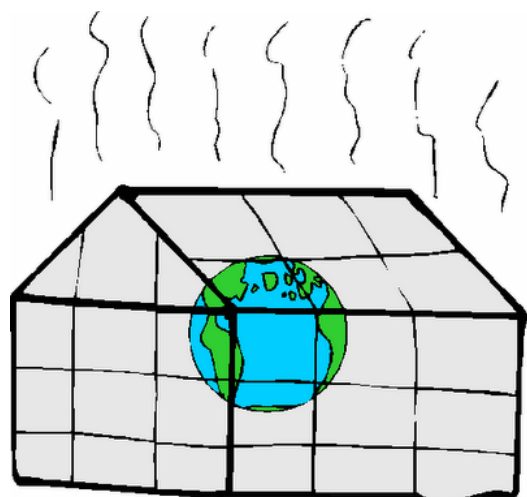
Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera.

Gracias al efecto invernadero la temperatura sobre la faz de la Tierra es tan agradable, permitiendo nada menos que el desarrollo de la vida. Sin embargo, de acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana. Esta es la causa admitida por la ciencia del calentamiento global y, por lo tanto, el principal reto de futuro de todos los gobiernos y ciudadanos del mundo.

Las más extensas compilaciones de datos científicos sobre cambio climático son llevadas a cabo por una organización internacional fundada por la ONU en 1988 y denominada "Panel Intergubernamental del Cambio Climático" (IPCC). Esta institución fue galardonada con el premio Nóbel de la Paz en el año 2007.

Los científicos del IPCC comparan las variaciones de temperatura global en el futuro predichas por medio de modelos. Los modelos climáticos desarrollados por climatólogos predicen distintos niveles de aumento de temperatura en función del escenario considerado de emisiones de gases de invernadero. Puesto que estos modelos ya llevan siendo aplicados desde hace varios años, existen predicciones de los últimos años que pueden compararse con los datos

reales de temperatura global. Considerando sólo los escenarios incluidos en los informes del IPCC, **la temperatura global de los últimos años ha sido superior a la estimada para los escenarios más pesimistas.**



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## La vida se sube al monte



Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres varían de unas regiones a otras. Así, los bosques subtropicales secos en Zimbabwe podrían disminuir cerca de un 45%. En México se espera que los bosques secos se expandan, mientras la cobertura de los bosques tropicales montanos húmedos probablemente se

vea reducida. En las regiones tropicales también se prevén cambios en la estructura y composición de sus masas forestales, debido a su sensibilidad a las variaciones en la disponibilidad de agua y humedad del suelo. En los bosques boreales y templados el aumento de temperatura podría ampliar la época de crecimiento y reproducción, favoreciendo su expansión hacia los polos, pero incrementando a su vez la frecuencia de fuegos y brotes de plagas.

La distribución de las especies está cambiando en latitud hacia los polos y también a mayores altitudes. Un incremento de apenas 1°C puede causar cambios significativos en la composición y distribución de ciertas poblaciones vegetales. Se espera un reemplazo de los árboles que asociamos a bosques maduros (especies de lento crecimiento) por árboles y arbustos de rápido crecimiento. Asimismo, se prevé que la distribución de la vegetación se desplace a mayor altitud a un ritmo de 8-10 m por década, por lo que algunas especies limitadas a las cumbres montañosas podrían extinguirse. Las especies tendrían que migrar algo más de 3 km al año para adaptarse al cambio climático, lo cual no parece viable para árboles cuyas semillas sean dispersadas por el viento o árboles con frutos pesados (bellota o nuez), resultando en una reconfiguración hacia bosques menos diversos.

Otros estudios muestran que algunas especies de aves y mariposas también se han desplazado más al Norte y a mayor altitud. Las respuestas individuales de las especies al cambio climático pueden afectar sus interacciones con otras que constituyen su dieta habitual, hasta extremos que puedan alterar la composición y estructura de las comunidades.

*Lorente, I. y col. 2004. "Los efectos biológicos del cambio climático". Ecosistemas 2004/1*

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

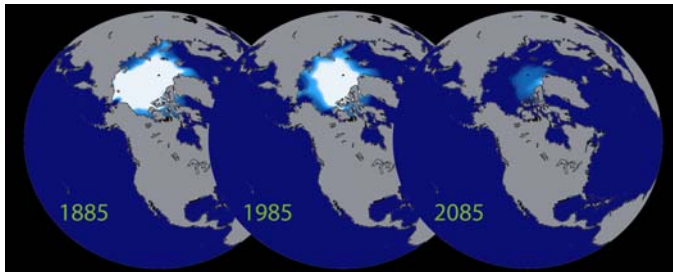
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## La Corriente Termohalina de los océanos

En Oceanografía Física, se llama circulación termohalina a la circulación convectiva que afecta de modo global al conjunto de las masas de agua oceánicas. Es muy importante por su significativa participación en el flujo neto de calor desde las regiones tropicales hacia las polares. Por lo tanto, sin la corriente termohalina no se comprendería el clima terrestre.



El aumento de temperaturas aumentará el flujo de agua dulce en los océanos en latitudes altas. Los modelos sugieren que esto se debe al aumento de lluvias en latitudes medias y altas y al **deshielo de**

**los casquetes polares.** La circulación del océano (corriente termohalina) es muy sensible a la cantidad de agua dulce que entra en el sistema. El agua dulce controla la densidad del agua salada y por lo tanto la capacidad del agua de hundirse al enfriarse. Si el agua es demasiado dulce, el enfriamiento no la hará lo suficientemente densa como para que se hunda hasta el fondo oceánico. Si el agua no se hunde en las altas latitudes, el viento será la única fuerza de movimiento de la corriente del Golfo y la circulación global se verá frenada.

Esto, que puede sonar a ciencia ficción, parece ser que ha ocurrido en otras ocasiones en épocas relativamente recientes. Durante el último período glacial hace unos 15.000 años, la mayor parte de Europa y América del Norte quedó cubierta por extensas capas de hielo. Cuando el período glacial empezó a desaparecer, los hielos comenzaron a retirarse, provocando que en muchas zonas se crearan grandes lagos de agua dulce. Uno de estos lagos fue el lago Agassiz en Canadá. Un lago que sería el más grande del mundo en la actualidad, con una superficie aproximada de 440.000 km<sup>2</sup>. Este lago quedaba aislado del mar por una especie de muro de hielo de unos 3 kilómetros de grosor, pero hace unos 9.000 años la masa de hielo se deshizo rápidamente provocando que una gran cantidad de agua dulce saliera de pronto hacia el Atlántico Norte. Tal cantidad de agua fue capaz de bloquear la circulación termohalina de la corriente del Golfo provocando de nuevo un pequeño período glacial en Europa.

Las observaciones realizadas en los últimos 40 años muestran que está disminuyendo de forma constante la salinidad del Atlántico Norte, provocando la deceleración de la corriente termohalina.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## Veranos más largos en España



En España ya se pueden apreciar los efectos biológicos del cambio climático. La primavera biológica se ha adelantado y la llegada del invierno se ha retrasado, de forma que el período en que tiene lugar el crecimiento y reproducción de las plantas se ha prolongado unos cinco días por década durante los últimos cincuenta años. En las

montañas, la vegetación mediterránea parece desplazarse hacia mayores altitudes. Se han observado muchos otros cambios en las últimas décadas en respuesta a este cambio climático: sequías más frecuentes y severas, mayores riesgos de incendio, mayores emisiones de compuestos orgánicos volátiles biogénicos de nuestros ecosistemas, etc.

Se ha comprobado que unas especies están más afectadas que otras, con lo cual se altera su habilidad competitiva y se acaba modificando la composición de la comunidad. Se ha visto, por ejemplo, como disminuía la diversidad de nuestros matorrales. El papel de muchos de nuestros ecosistemas terrestres como sumideros de carbono puede verse seriamente comprometido durante las próximas décadas. En los próximos años, las políticas de "aforestación" de espacios agrícolas abandonados y de "reforestación" de zonas perturbadas tendrían que tener en cuenta las condiciones que se están proyectando para el futuro inmediato. Entre éstas, destaca la de una menor disponibilidad de agua como consecuencia tanto de la disminución de las precipitaciones y del aumento de la evaporación, como de la mayor demanda de unos ecosistemas más activos por el aumento del CO<sub>2</sub> y de la temperatura.

*"Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya",  
Institut d'Estudis Catalans - Departament de  
Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya,  
26-09-2003*

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## Las previsiones del IPCC

Impactos proyectados por cambios en la temperatura media global sobre el nivel de 1990 (4º Informe de Evaluación del IPCC)

### Hasta 2°C

- Se reforzarán los impactos observados en la actualidad
- Reducción de la seguridad alimentaria en muchas naciones de bajas latitudes
- Decoloración o blanqueamiento generalizado de los arrecifes de coral
- Incremento de la productividad agrícola en altas latitudes

### De 2°C a 4°C

- Hasta 2.000 millones de habitantes afectados por escasez de agua
- Mortalidad generalizada de los arrecifes de coral
- Generalización de pérdida de biodiversidad, 20-30% de especies en peligro de extinción
- La biosfera terrestre se convierte en una fuente neta de carbono
- 90% del bosque boreal en riesgo
- Decrecimiento global de la productividad agrícola
- 30% de pérdida de humedales costeros
- Aumento sustancial de mortalidad y morbilidad debidas a olas de calor, inundaciones y sequías
- Aumento sostenido a largo plazo del nivel medio del mar por la deglaciación de Groenlandia y el escudo antártico oeste
- Debilitamiento de la corriente termohalina

### Más de 4°C

- Se sobrepasará la capacidad de adaptación de casi todos los sistemas, físicos, biológicos y sociales, sobre todo considerando que regionalmente el cambio térmico será en muchas ocasiones mayor
- Hasta 3.200 millones de habitantes afectados por escasez de agua
- Incremento de hasta 8 veces en las olas de calor en determinadas ciudades norteamericanas
- Grandes extinciones de especies e impactos en ecosistemas: hasta el 45% de las especies arbóreas amazónicas, hasta el 50% de la tundra ártica reemplazada por bosque, hasta el 25% del desierto polar reemplazado por la tundra
- Decrecimiento del 20-35% del mar de hielo ártico
- Aumento sostenido a largo plazo del nivel medio del mar, inundaciones de zonas bajas y reconfiguración de la línea de costa
- Debilitamiento de la corriente termohalina, con impactos muy severos en Europa, especialmente en la costa



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO





## El Protocolo de Kioto

### Artículo 3

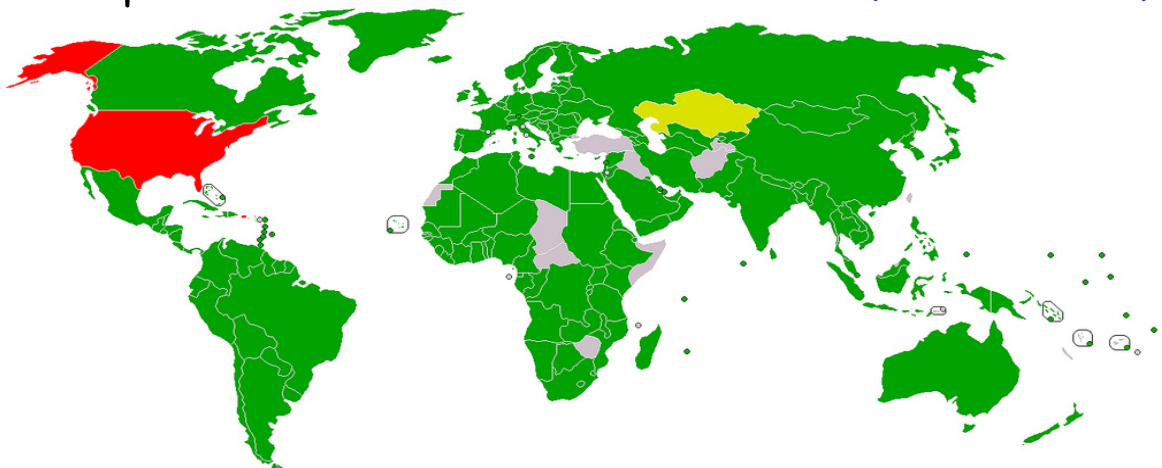
1. Las Partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.
2. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.

HECHO en Kioto el día once de diciembre de mil novecientos noventa y siete.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL los infrascritos, debidamente autorizados a esos efectos, han firmado el presente Protocolo en las fechas indicadas.

-  Firmado y ratificado
-  Firmado y pendiente de ratificación
-  Firmado y no ratificado
-  No posicionados

Protocolo de Kioto (diciembre 2007)



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CAMBIO CLIMÁTICO

## Los políticos frente al cambio climático



"Los países industrializados tienen que seguir al frente de la lucha contra el cambio climático, pero no podemos ignorar que solo se frenará si participan también los países en desarrollo. Los acuerdos futuros deben incluir incentivos para que los países en desarrollo, que serán los más afectados, tengan medios financieros y tecnológicos para hacer frente al problema. [...] Ya no

hay lugar para las dudas. Hay una advertencia sobre el cambio climático vinculado directamente a la actividad humana. [...] Sabemos suficiente para actuar, y tenemos tecnologías para tratar el problema. Lo que no tenemos es tiempo"

*Ban Ki-moon, Secretario General de la ONU*

"El mundo, señorías, necesita cambiar aceleradamente el modelo de desarrollo con el que hemos venido operando. El cambio climático constituye una amenaza cierta para nuestra forma de vida y para los recursos naturales, pero también es una gran oportunidad para poner en marcha una nueva fuente de recursos naturales a favor de un cambio de modelo de desarrollo. Podemos y debemos convertirnos en aliados del cambio necesario, abrir oportunidades a una economía que se aleje del carbono, de la dependencia del petróleo, e incorpore más fuentes alternativas y renovables. Tenemos que actuar con decisión, y vamos a hacerlo. Habrá incentivos a las empresas que hagan público su compromiso de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Habrá apoyos a la movilidad sostenible. Se dispondrán ayudas para aplicar los requisitos establecidos para nuevos edificios por el código técnico integral de edificios ya construidos, que alcanzará hasta 2012 a un total de 500.000 viviendas y a edificios públicos y escuelas públicas, en las ciudades de más de 50.000 habitantes. Presentaremos pronto un proyecto de ley sobre eficiencia energética y energías renovables. Habrá, por tanto, fomento de la eficiencia y apoyo a la investigación y uso de tales energías, campo tecnológico en el que estamos en la vanguardia mundial. Se intensificará la investigación en captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. El desarrollo de las nuevas tecnologías, la evolución del mercado de combustibles fósiles, la cooperación transfronteriza y la disponibilidad de recursos hidráulicos serán los referentes a los que acudirá el Gobierno para resolver los problemas de provisión de energía exigida por nuestra voluntad de crecimiento. También lo serán, junto con las decisiones que adopte la Unión Europea, para determinar la posición española sobre la energía nuclear [...]"

*José Luis Rodríguez Zapatero, Presidente del Gobierno de España  
(Discurso de Investidura, 8 de Abril de 2008)*



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

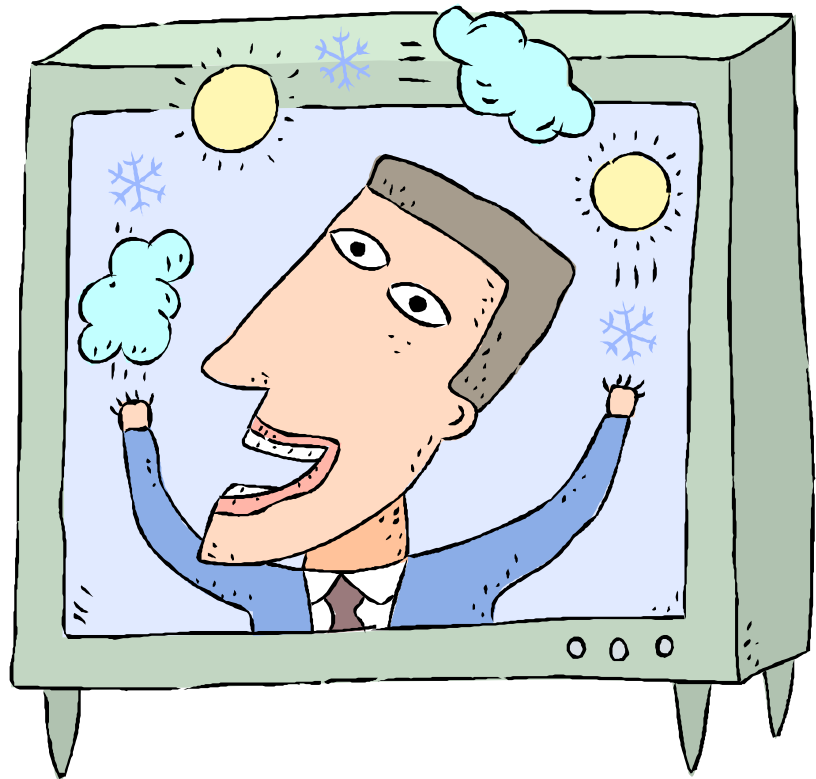
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**



# CIUDADANO

El ciudadano ante el cambio climático (ahorro energético en hogares, cambios de hábitos, concienciación, etc.).



# CIUDADANO

## 20 consejos para ayudar a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

<http://www.igooh.com/notas/20-tips-para-disminuir-el-co2-ambiental/>

### 1- Utiliza las escaleras

Un recorrido de 15 segundos en ascensor equivale a mantener encendida una bombilla de 60 vatios durante 1 hora. Sube andando en lugar de tomar el ascensor, es bueno para el medio ambiente y para ponerte en forma.

### 2- No malgastes la luz

Apaga la luz cuando no sea necesaria. Aprovecha la luz natural, pinta de colores claros las paredes y los techos, reduce al mínimo la iluminación ornamental y limpia el polvo de las pantallas de las lámparas para aprovechar al máximo la luz.

### 3- Cambia tus bombillas

Una bombilla de bajo consumo comparada con una normal (emitiendo la misma luz) ahorra en un año casi 60 euros. Si sustituyéramos cinco bombillas normales (con un uso de unas cinco horas diarias) por otras de bajo consumo evitaríamos unos 250 kg de CO<sub>2</sub> al año. Basta con comprar lámparas y bombillas clase energética "A" para lograr una mayor eficiencia y un ahorro a medio-largo plazo. Cambia primero las bombillas que están más tiempo encendidas en casa por LED, ésta es una tecnología aún algo cara, pero con claras ventajas, como su larga vida útil, su menor fragilidad y su menor disipación de energía (el 90% de la corriente que les llega se transforma en luz). Campañas como "Hoy cambio mi bombilla" te dan más consejos.



### 4- Lava con agua fría y a carga completa

Llenar la lavadora y el lavavajillas disminuye el consumo de energía: lavas más cosas de una sola vez. La temperatura de 30°C puede ser suficiente para la ropa muy sucia y permite ahorrar tres cuartas partes del consumo del ciclo más caliente. Si lavas con agua fría, el ahorro es del 80% de la energía.

### 5- No dejes los aparatos en "stand by"

Los aparatos como televisores, ordenadores o vídeos en estado de espera consumen el 15% de su consumo total. En algunas viviendas, el consumo de estos aparatos en "stand-by" puede llegar a sumar el 10% del consumo del hogar. Si colocamos una regleta con interruptor para cortar totalmente la corriente que les llega podemos reducir 39 kg de CO<sub>2</sub> al año.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CIUDADANO

## 20 consejos para ayudar a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

### 6- Desenchufa todos los cargadores

El cargador consume aunque no esté conectado al teléfono. Desenchufa el cargador del móvil cuando no lo uses. Si dejamos el cargador siempre enchufado estaremos desperdiciando el 95% de la energía necesaria para cargar el teléfono.

### 7- Busca electrodomésticos eficientes

Escoger un electrodoméstico eficiente es sinónimo de ahorro. Después de diez años, periodo que equivale al tiempo de vida de cualquier electrodoméstico, habremos ahorrado un 74,7% del consumo eléctrico total con respecto al consumo de un electrodoméstico no eficiente, lo que puede suponer más de 800 euros en algunos casos.

### 8- Haz un uso inteligente de tus electrodomésticos

Podemos mejorar la eficiencia de nuestros electrodomésticos con un uso que aumente su rendimiento. Por ejemplo, si colocamos el frigorífico en un lugar fresco se ahorra hasta 150 kg CO<sub>2</sub> al año. No abrir la nevera más de lo necesario o no introducir alimentos calientes son otros consejos para reducir el consumo eléctrico.

### 9- Prescinde de la secadora

Tender la ropa al aire libre en lugar de usar una secadora eléctrica permite ahorrar unos 50 kg de CO<sub>2</sub> cada año, además de evitar los 318 kg de CO<sub>2</sub> emitidos en su fabricación.

### 10- Baja la calefacción

Reducir la temperatura sólo un grado basta para recortar un 5-10% la factura de energía del hogar y evitar 300 kg de CO<sub>2</sub> por casa y año. Ajustar el termostato a 20°C o bajarlo varios grados por la noche son medidas fáciles que sumadas a un correcto aislamiento con doble acristalamiento, burletes en puertas y ventanas, cortinas o aislando las cajas donde se enrollan las persianas (por donde se escapa calor y penetra el frío) nos ahorrarán hasta un 40% en el consumo de la calefacción.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CIUDADANO

## 20 consejos para ayudar a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

### 11- Ajusta la refrigeración

Existen otras opciones al aire acondicionado. Utiliza sistemas pasivos para refrigerar tu casa, como aprovechar las corrientes. También puedes instalar ventiladores de techo. Si no puedes pasarte sin aire acondicionado, proteger del sol directo la unidad exterior del aparato permite ahorrar hasta un 10% en el consumo ... y en la factura de electricidad. En verano, si ajustas el acondicionador a 25°C o más, reducirás el gasto de energía entre un 10% y un 20%.

### 12- Aísla tu casa con ventanas dobles

Los cristales dobles evitan hasta 350 kg de CO<sub>2</sub> al año. Las ventanas más eficientes reducen los gastos de calefacción y refrigeración hasta un 15%. Esta medida exige una inversión inicial, pero a la larga se recupera. Si utilizas materiales de mayor calidad, como ventanas de madera con doble acristalamiento de baja emisividad, con relleno de gas argón, puedes evitar hasta un 70% de pérdida energética por las ventanas.

### 13- Vístete según la ocasión

Si procuras vestirti en casa según la temperatura, evitarás tener que encender el aire acondicionado o la calefacción cuando no es realmente necesario. Ponte ropa de abrigo en invierno en lugar de subir la calefacción.

### 14- Recupera los botijos en verano

El botijo cuanto más calor hace más refresca el agua que contiene. Mucho mejor que enfriar el agua en la nevera. La campaña "Botijos contra el cambio climático" te habla de este sencillo consejo.

### 15- No te bañes, dúchate

Ducharse en lugar de bañarse divide el consumo de energía por cuatro. También puedes instalar una alcachofa de ducha y grifos de bajo caudal para ahorrar unos 230 kg de CO<sub>2</sub> al año y reducir los costes de calentamiento de agua en un 10-16%. Bajar el termostato del agua caliente también ahorra. Si te bañas, deja que se enfríe el agua antes de vaciar la bañera.





# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# CIUDADANO

## 20 consejos para ayudar a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>

### 16- Cocina ahorrando

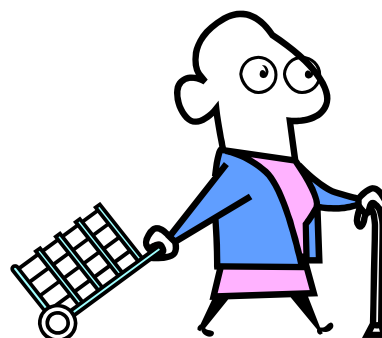
Con un gesto tan sencillo como hervir sólo el agua que necesitamos al cocinar se contribuye a ahorrar unos 25 kg de CO<sub>2</sub> al año. Si usas un hervidor eléctrico, cubre por completo las resistencias. También puedes utilizar una olla exprés: disminuirás los tiempos de cocción y, por tanto, ahorrarás energía.

### 17- No dejes la plancha encendida

Una hora de plancha equivale a 20 horas de televisión o a 7 de ordenador. Intenta planchar grandes cantidades de ropa y apaga la plancha si no la estás utilizando.

### 18- En la compra...

Hacer la compra en el barrio tiene sus ventajas: evita coger el coche para desplazarte a las grandes superficies. Puedes sustituir fácilmente las bolsas de plástico por el carro o una mochila. Consumir productos locales de temporada y apostar por las verduras también ayuda: el transporte de productos en avión de un lado a otro del mundo genera unas 1.700 veces más emisiones de CO<sub>2</sub> que si son transportados en camión a 50 km. Además, la producción de carne genera abundantes emisiones de CO<sub>2</sub> y metano y consume grandes cantidades de agua. Las frutas y verduras son sanas y más ecológicas.



### 19- Usa el transporte público

Un autobús lleva tanta gente como diez coches completamente llenos, ocupa tres veces menos espacio en la carretera y emite la mitad de CO<sub>2</sub> por kilómetro y pasajero. Una persona que viaja sola en coche produce tres veces más emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro que si va en tren.

### 20- Haz un uso eficiente de tu vehículo

No uses el coche en pequeños trayectos en los que puedes ir caminando. Con la bicicleta ahorras hasta 240 kg de CO<sub>2</sub> al año. Si no puedes pasarte sin el automóvil, intenta al menos que vayan ocupados el mayor número de asientos en los desplazamientos. También resulta importante el modo de conducir y el mantenimiento del vehículo: por cada 0,5 bar (7 psi) de presión de los neumáticos por debajo del valor correcto, el consumo puede aumentar un 5%.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

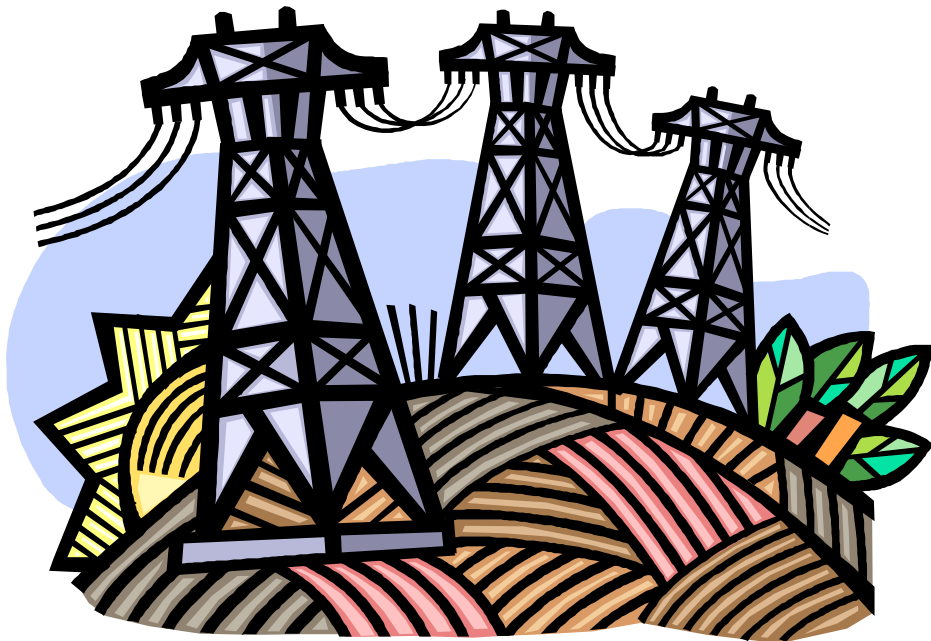
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**



# ENERGÍA

El sector de producción de energía eléctrica ante el cambio climático. Problemática de las fuentes convencionales de energía (combustibles fósiles). Dependencia energética. Posibles actuaciones. Captación y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Fuentes alternativas de energía.

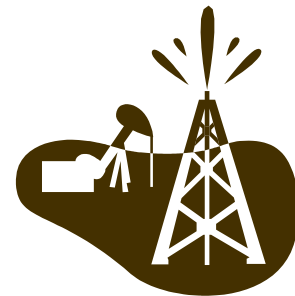


# ENERGÍA

## Hoy: energía sucia y dependencia energética

Es innegable que partimos de un panorama energético oscuro. En el año 2004 el consumo de energía primaria en el mundo fue de 12.000 millones de toneladas de petróleo equivalente. El 77% de dicha energía se transformó en calor, electricidad o movimiento por medio de procesos de combustión de combustibles fósiles, lo que originó unas emisiones de 27.000 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera. En un escenario sin cambios las emisiones de  $\text{CO}_2$  en el año 2050 serán el doble de las actuales. La concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es ya un 40% superior a la de la época preindustrial. Los potenciales efectos medioambientales derivados de este aumento imparable de la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$ , tasados en un rango de magnitud variable según el modelo predictivo utilizado, han llevado a la comunidad internacional a tomar cartas en el asunto. Así han surgido acuerdos como el de Kioto y sus sucesores que buscan el compromiso internacional en una reducción severa de las emisiones de  $\text{CO}_2$ . **Por lo tanto existe una obligación legal derivada de una necesidad medioambiental para reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$ .**

Unido a esto, existe un claro **problema de dependencia energética** en el mundo. El petróleo, que constituye el 33% de la energía primaria mundial, se produce en un número reducido de países organizados en torno a la OPEP, que se caracterizan por un alto grado de inestabilidad política en sus relaciones internacionales, por lo menos desde el punto de vista occidental. Debido a esto, las fuertes fluctuaciones a las que se ve sometido el precio del petróleo tienen, en muchas ocasiones, un origen de tipo más geoestratégico que económico. En los últimos años, dominados por las secuelas de la guerra de Irak y la incertidumbre de las relaciones EEUU-Irán, el precio del petróleo ha subido hasta superar los 150 dólares por barril (julio 2008), precio sin precedente que agobia a las sociedades desarrolladas y maniatada a aquéllas en vías de desarrollo que dependen del petróleo para su abastecimiento energético.



Como guinda de este panorama energético hay que dar una consideración muy importante a la **incorporación de países en desarrollo**, muchos de enorme población en constante crecimiento, al selecto grupo de socios derrochadores de energía en el mundo. Puesto que estos países parten de un consumo per cápita muy inferior al de los países desarrollados, es de esperar que su ritmo de aumento de consumo sea muy superior. A ello hay que unir el hecho de que el mayor crecimiento de la población mundial en las próximas décadas va a tener lugar en dichos países. Por poner sólo un ejemplo, del año 2000 al 2004 China ha aumentado su participación en la tarta mundial de carbón desde el 22% hasta cerca del 35%. Además, en dicho país se espera que el parque automovilístico en 2010 se haya multiplicado por 90 con respecto al nivel de 1990. Sin embargo, hay que huir de demonizaciones; las emisiones per cápita de  $\text{CO}_2$  en China siguen estando a niveles comparables a los de África, con alrededor de 5 toneladas de  $\text{CO}_2$  por persona y año por las más de 25 de un americano medio o por las alrededor de 10 de un español.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

ACCIONES que pueden llevarse a cabo con la tecnología actual (la combinación de siete acciones estabilizaría las emisiones globales de CO<sub>2</sub>)

## En la producción de electricidad

- 1- Mejorar la eficacia de las centrales térmicas de combustión de carbón para producir electricidad (actualmente se encuentra en torno al 40%)
- 2- Sustituir carbón por gas natural en las centrales térmicas (multiplicar por cuatro el consumo actual de gas natural)
- 3- Captar y almacenar en tierra el CO<sub>2</sub> emitido en 1.000 centrales térmicas de 1.000 MW<sub>e</sub>
- 4- Doblar la capacidad actual de energía nuclear (d.q.c.e. = dejando de quemar el carbón equivalente)
- 5- Multiplicar por 50 la capacidad actual de energía eólica (d.q.c.e.)
- 6- Multiplicar por 700 la capacidad actual de energía solar fotovoltaica (d.q.c.e.)



## En el transporte

- 7- Disminuir el consumo de los coches (de 7,2 a 3,6 litros a los 100 km)
- 8- Disminuir la distancia recorrida a la mitad (de 16.000 a 8.000 km anuales por coche)
- 9- Captar y almacenar en tierra el CO<sub>2</sub> emitido en la producción de 250 millones de toneladas de hidrógeno (combustible del futuro en los coches propulsados por pilas de combustible) a partir de carbón
- 10- Captar y almacenar en tierra el CO<sub>2</sub> emitido en la producción de 30 millones diarios de barriles de gasolina a partir de carbón (multiplicar el proceso SASOL por 200)
- 11- Multiplicar por 100 la capacidad actual de energía eólica para producir hidrógeno para el transporte
- 12- Multiplicar por 100 la producción actual de bio-etanol (usando un sexto de la tierra total cultivable)

## En nuestros hogares

- 13- Promover el ahorro energético en los hogares tanto en el consumo de electricidad como de calor

## En la naturaleza

- 14- Evitar la deforestación y doblar el número de árboles plantados anualmente
- 15- Evitar la pérdida de carbono de los campos de cultivo (p.ej. insertar las semillas en lugar de arar). Multiplicar por 10 el nivel actual de conservación

*S. Pacala, R. Socolow, Science, 305 (2004) 968*



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## El carbón



*Carbonito*

*(Adaptado de Wikipedia)*

Las reservas de carbón se encuentran muy repartidas, con 70 países con yacimientos aprovechables. Al ritmo actual de consumo se calcula que existen reservas seguras para 250 años, por 40 y 70-100 años del petróleo y el gas natural, respectivamente. Además, alrededor del 70% de las reservas de petróleo y gas natural se encuentran en Oriente Medio y Rusia.

El carbón suministra aproximadamente el 25% de la energía primaria consumida en el mundo, sólo por detrás del petróleo (32%), siendo la primera fuente de energía eléctrica, con el 40% de la producción mundial (datos de 2006). Las aplicaciones principales del carbón son:

**Generación de energía eléctrica.** Las centrales térmicas de carbón pulverizado son la principal fuente mundial de energía eléctrica. En los últimos años se han desarrollado otros tipos de centrales (p.ej. de lecho fluidizado) que tratan de aumentar el rendimiento con carbones de baja calidad, además de reducir las emisiones de  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$ . Otra tecnología en auge es la de "ciclos combinados", que usa como combustible el gas de síntesis obtenido por gasificación del carbón.

**Coque.** El coque es el producto de la pirólisis del carbón en ausencia de aire. Es utilizado como combustible y reductor en distintas industrias, principalmente en los altos hornos (coque siderúrgico). Dos tercios del acero mundial se producen utilizando coque de carbón, consumiendo en ello el 12% de la producción mundial de carbón (cifras de 2003).

**Siderurgia.** Mezclando minerales de hierro con carbón se obtiene una aleación en la que el hierro se enriquece en carbono (acero), obteniendo mayor resistencia y elasticidad.

**Industrias varias.** Se utiliza en las fábricas que necesitan mucha energía en sus procesos, como las fábricas de cemento y de ladrillos. También se usa como precursor de gas de síntesis (monóxido de carbono e hidrógeno), que se emplea en la producción de amoníaco, metanol y gasolina sintética (proceso SASOL).

**Uso doméstico.** Históricamente, el primer uso del carbón fue como combustible doméstico. Aun hoy sigue siendo usado para calefacción, principalmente en los países en vías de desarrollo, mientras que en los países desarrollados ha sido desplazado por otras fuentes más limpias de calor (gas natural, propano, butano, energía eléctrica, etc.) para rebajar el índice de contaminación local.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Carbón sí, pero limpio

La sustitución del carbón por fuentes limpias de energía renovable ha de llevarse a cabo de forma paulatina (décadas) y no de modo radical. Se ha de procurar que en ningún caso el consumo de carbón se haga más atractivo de lo que ya es hoy en día a los ojos de los países en vías de desarrollo, puesto que una disminución brusca de la demanda de carbón en los países desarrollados llevaría a una bajada global de su precio. Se podría dar la paradoja de que los países "verdes" finalmente fueran los causantes de un mayor consumo de carbón en el mundo. Pero si vamos a seguir quemando carbón (y gas natural) hay que hacerlo de la forma más limpia posible. Los incrementos en la eficacia de producción de electricidad (menor consumo de carbón por unidad de electricidad producida) que puedan producirse a partir de avances tecnológicos nunca llegarán a compensar los aumentos previstos en producción global de electricidad como consecuencia de la incorporación de los países en vías de desarrollo (especialmente India y China) al estado de bienestar. Se necesita una solución más radical y ésta es la captación y almacenamiento de  $\text{CO}_2$ . La captación de  $\text{CO}_2$  consiste en su separación de los gases de combustión de una central térmica, para una vez comprimido en estado puro inyectarlo a formaciones geológicas profundas (almacenamiento) donde permanezca en estado semilíquido (fluido supercrítico) durante miles de años. La reticencia de determinados sectores a la implementación de esta opción, que en todo caso implicaría un aumento de la factura de la electricidad perfectamente asumible (inferior al 30%), se debe en general a un desconocimiento de la naturaleza de la opción misma (naturaleza no tóxica del  $\text{CO}_2$ , lugares adecuados de almacenamiento, sistemas exhaustivos de control para conocer al día la situación de los depósitos, etc.) que los científicos implicados en su desarrollo tienen la obligación ineludible de mostrar a la sociedad.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub>



La Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub> (PTECO2; [www.pteco2.es](http://www.pteco2.es)) es una iniciativa promovida por Empresas, Centros de Investigación y Universidades, y amparada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y otros ministerios del Gobierno de España.

El alcance general de la PTECO2, creada en el año 2006, es abordar un desarrollo tecnológico en España que contribuya a disminuir el impacto ambiental, social y económico derivado de las emisiones de gases de efecto invernadero en nuestro país. La Visión de la Plataforma es:

"Contribuir a la mejora de la eficiencia energética en grandes instalaciones industriales y al desarrollo de tecnologías de captura, transporte, almacenamiento y uso de CO<sub>2</sub>, y su implantación en la industria, para que España cumpla sus compromisos de reducción de emisiones".

La Plataforma se ha propuesto reconocer los campos claves de investigación sobre captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> que el Estado debe subvencionar con los Planes de I+D. Dada la carencia de información en este sentido del ciudadano medio, uno de los objetivos prioritarios de la Plataforma es:

"La difusión social del problema de las emisiones de CO<sub>2</sub>, para que la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> sea conocida y aceptada por la sociedad como una actividad necesaria".

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Actividades del INCAR en el campo del CO<sub>2</sub>

El INCAR contribuye a la investigación sobre cambio climático y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en varios campos:

### Cambio climático:

- Estudio de biomarcadores para el análisis de los cambios climáticos del pasado

### Energía eléctrica y CO<sub>2</sub>:

- Captación de CO<sub>2</sub> mediante ciclos de carbonatación-calcinación
- Uso de biomasa para sustituir parcialmente al carbón en las centrales térmicas. Esta sustitución parcial disminuye las emisiones netas de CO<sub>2</sub>, ya que la biomasa se regenera año a año mediante la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico
- Estudio de la eficacia de combustión del carbón en procesos de oxidación. La oxidación produce una corriente pura de CO<sub>2</sub>, por lo que no es necesario separarlo (*captación*) como paso previo a su almacenamiento geológico
- Sistemas de captación de CO<sub>2</sub> mediante adsorbentes

### Transporte y CO<sub>2</sub>:

- Uso de biometanol como sustituto de la gasolina. El biometanol es un biocombustible producido a partir de todo tipo de biomasa que puede ser utilizado tanto en los actuales motores de combustión interna como para producir hidrógeno en los futuros coches de pilas de combustible
- Procesos relacionados con el uso de hidrógeno a bordo del automóvil. Este es uno de los campos de investigación más atractivos para acabar con la dependencia del petróleo en el sector transporte, y eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub> de este sector

### Procesos novedosos de eliminación del CO<sub>2</sub> atmosférico:

- Bio-secuestro de CO<sub>2</sub> (*carbonización hidrotermal de biomasa*). Este proceso consiste en estabilizar el carbono de determinada biomasa (residuos agrícolas, plantas herbáceas, etc.) que de otra forma sería emitido durante su descomposición natural a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>. En palabras sencillas consistiría en convertir la biomasa inestable en carbón estable





# CO<sub>2</sub> y cambio climático



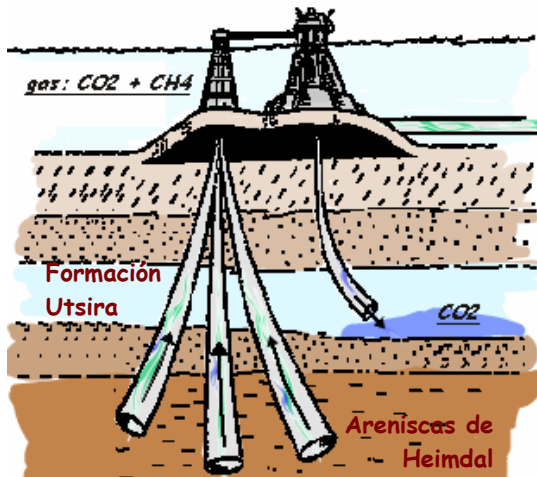
**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Almacenamiento de CO<sub>2</sub>. La experiencia de Sleipner



El yacimiento Sleipner se encuentra en el Mar del Norte, aproximadamente 250 kilómetros al oeste de Stavanger, Noruega. Es operado por Statoil, la mayor compañía petrolera de Noruega. El yacimiento Sleipner produce gas natural a partir de las areniscas de Heimdal que se encuentran a aproximadamente 2.500 m por debajo del nivel del mar. El gas natural producido en Sleipner contiene niveles inusualmente elevados (casi un 9%) de CO<sub>2</sub>,

pero los clientes que compran gas de Statoil necesitan menos del 2,5%. Por ello se ha construido una plataforma especial, la Sleipner-T, para soportar una planta de tratamiento de 20 metros de altura y 8.000 toneladas que separa el CO<sub>2</sub> del gas natural. La planta Sleipner-T produce casi un millón de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Para impulsar a las compañías a reducir sus emisiones de carbono, el gobierno noruego aplicó un impuesto al carbono equivalente a casi \$50 por tonelada de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera. Para evitar el pago de este impuesto, y como prueba de una tecnología alternativa, todo el CO<sub>2</sub> extraído desde 1996, cuando comenzó la producción de gas en Sleipner, se ha bombeado hacia el suelo subterráneo.

No se inyecta nuevamente en donde ha sido extraído, porque ello contaminaría más el gas natural. En cambio, se bombea hacia una capa de arenisca de 200 metros de grosor denominada formación Utsira, cerca de 800 metros debajo del fondo del Mar del Norte. La formación Utsira no contiene petróleo o gas comercial; al igual que la mayoría de las rocas subterráneas profundas está rellena de agua salada. La formación Utsira tiene alta porosidad y permeabilidad, de modo que el CO<sub>2</sub> en estado líquido (supercrítico) se desplaza rápidamente hacia los lados y hacia arriba a través de la capa rocosa, reemplazando el agua entre los granos de arena.

Se calcula que la formación Utsira podría almacenar aproximadamente 600 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Esto equivale a toda la producción de CO<sub>2</sub> realizada por el hombre durante más de 20 años, a las velocidades actuales. Probablemente la captura de CO<sub>2</sub> continúe en Sleipner mucho después del abandono del yacimiento como productor de gas natural. La formación Utsira es sólo uno de los diversos depósitos acuíferos salinos profundos similares en todo el mundo que podría utilizarse para ayudar a reducir o revertir la velocidad a la cual el CO<sub>2</sub> y otros gases de invernadero se liberan en la atmósfera.

(<http://www.seed.slb.com>)

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Los límites de la energía hidroeléctrica



El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 16% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente. Es, por tanto, una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos hoy en día (40% de la energía eléctrica).

Desde el punto de vista ambiental la energía hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque esto no quiere decir que sea totalmente inocua, porque los pantanos alteran los ecosistema fluviales. Se destruyen hábitats, se modifica el caudal del río y cambian las características del agua (temperatura, grado de oxigenación, etc.). También los pantanos producen un importante impacto paisajístico y humano porque con frecuencia su construcción exige trasladar a pueblos enteros y sepultar bajo las aguas tierras de cultivo, bosques y otras zonas silvestres.

Los pantanos también tienen algunos impactos ambientales positivos. Así, por ejemplo, han sido muy útiles para algunas aves acuáticas que han sustituido los humedales costeros que usaban para alimentarse o criar, muchos de los cuales han desaparecido, por estos nuevos hábitats. Algunas de estas aves han variado incluso sus hábitos migratorios, buscando nuevas rutas de paso por la Península a través de determinados pantanos.

La construcción de pantanos es cara, pero su costo de explotación es bajo y es una forma de energía rentable económicamente. Al plantearse la conveniencia de construir un pantano no hay que olvidar que su vida es de unos 50 a 200 años, porque con los sedimentos que el río arrastra se va llenando poco a poco hasta inutilizarse. *(Adaptado de <http://www.tecnun.es/>)*

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## Energía del viento y del sol. Limpieza a costa de densidad de potencia



Un aspecto importante de las centrales eléctricas, sea cual sea la energía que las alimente, es la densidad de potencia eléctrica de las mismas (la cantidad de electricidad producida por unidades de tiempo y de superficie). El viento o la radiación solar portan una gran cantidad de energía si se consideran globalmente, pero la potencia eléctrica por unidad de superficie es mucho menor que la que pueden producir los combustibles fósiles. Esto se debe en parte a que los ingenios que convierten las energías renovables en electricidad tienen unas eficiencias de conversión muy bajas (10-15% para la energía solar y alrededor de 20% para la eólica), por lo que se necesitan grandes instalaciones que ocupan enormes extensiones de terreno para acercarse a la producción energética de una central térmica convencional. Todo esto contribuye a que estas opciones sean muy caras, al nivel actual de desarrollo tecnológico.

Los países desarrollados como España se pueden permitir la utilización de electricidad renovable porque sus gobiernos las rentabilizan obligando a las empresas suministradoras a comprar la electricidad renovable a precios más elevados, un 80-90% superiores a la tarifa de referencia para la energía eólica y 300-575% para la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, a pesar del incremento continuo en España de la producción de electricidad a partir de aerogeneradores, las emisiones de  $\text{CO}_2$  no dejan de crecer; hoy en día, año 2008, ya estamos emitiendo más de un 133% de las emisiones asignadas para España por el protocolo de Kioto. Además, la característica intrínseca del viento y del sol es que su actividad es intermitente. Para poder tener un suministro seguro de electricidad renovable es necesario idear sistemas que permitan una producción continua. Esto puede conseguirse mediante la producción simultánea en periodos de actividad de electricidad y un vector de almacenamiento de energía (por ejemplo hidrógeno o aire a presión) que pueda ser transformado de nuevo en electricidad en los periodos de inactividad. Esta transformación produce continuidad en el suministro pero reduce aún más la eficiencia y la densidad de potencia del sistema. Obviamente el futuro de estas fuentes renovables está en el desarrollo de ingenios que permitan aumentar su densidad de potencia eléctrica a precios más razonables, investigación en la que España es altamente competitiva a nivel mundial.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

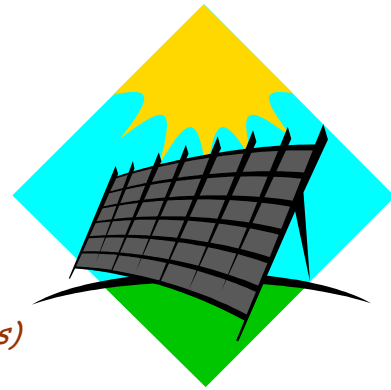
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## La Plataforma Solar de Almería

(<http://www.psa.es>)



La Plataforma Solar de Almería (PSA), perteneciente al Centro de Investigaciones Energética, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías solares de concentración. Inicia su andadura a principios de la década de los 80 con la construcción en sus terrenos, ubicados en el desierto de Tabernas, de dos grandes proyectos destinados a demostrar la viabilidad técnica de la energía solar concentrada como fuente de energía eléctrica.

El primer proyecto, conocido como SSPS (*Small Solar Power System*), estaba auspiciado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) con participación de nueve países. El proyecto consistió en el diseño, construcción y ensayo de dos diferentes conceptos tecnológicos en el mismo rango de potencia, 500 kW:

- SSPS-CRS: El concepto de Torre Central fue probado por medio de un campo de 90 espejos (llamados "helióstatos"), que mediante un sistema de control realizaban un seguimiento del sol. Los rayos solares eran concentrados en lo alto de una torre, donde un fluido de trabajo transformaba la energía radiante en energía térmica. Este fluido, que trabajaba a 520°C, alimentaba un generador de vapor para producción de electricidad.
- SSPS-DCS: El otro sistema estaba compuesto por tres campos de colectores cilindro-parabólicos. Éstos siguen al sol mediante uno o dos ejes de rotación, intentando que su superficie esté siempre perpendicular a los rayos solares. La transferencia de energía radiante en térmica se produce al reflejarse cualquier rayo incidente en el foco de la parábola de cada colector, en donde está situado un tubo metálico por el que circula aceite mineral térmico. Éste se calienta paulatinamente hasta temperaturas de 290°C, y alimenta a su vez un generador de vapor; a partir de aquí la energía eléctrica se genera igual que en el SSPS-CRS.

El otro gran proyecto es ejecutado íntegramente con diseño y tecnologías españolas. Patrocinado por el Ministerio de Industria y Energía, es conocido como Central Termosolar de Almería (CESA-1). Se utiliza el concepto de Torre Central, anteriormente descrito; esta vez implementado mediante 300 helióstatos, un receptor de agua/vapor que trabaja a 520°C y 100 bares de presión, y un sistema de almacenamiento térmico a base de sales fundidas. El vapor producido en el receptor solar se transfiere directamente, bien para generar electricidad por medio de un turbogenerador de 1 MW de potencia, bien para almacenar energía térmica en los tanques, o ambas operaciones simultáneamente.



# CO<sub>2</sub> y cambio climático

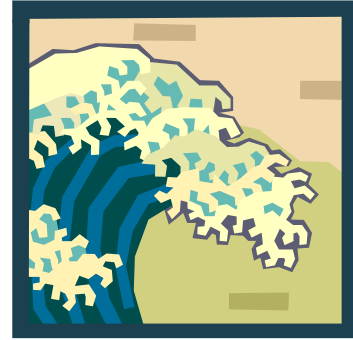


**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA



## La energía marina

Cuando hablamos de energía marina nos referimos a la energía generada por el movimiento de las olas y las mareas, que se puede convertir en energía eléctrica. Es una forma de aprovechar el potencial energético de los océanos. Para que este proceso sea efectivo, es necesario que la amplitud de la marea sea como mínimo de cinco metros, así que es importante la profundidad del océano, por lo que sólo existe un número limitado de lugares en todo el mundo en que las condiciones de la marea son adecuadas para su explotación energética.

En muchos lugares del mundo y especialmente en Asia, donde la demanda de electricidad crece rápidamente cada año, se están desarrollando diversos planes para la construcción de centrales eléctricas que utilizan energía marina. En el 2000 se instaló en Escocia la primera central eléctrica comercial que producía energía a partir de las olas de marea. Corea del Sur espera terminar la "Central Eléctrica de Marea Sihwa" para el 2009. Será la central más grande del mundo (252 MW). Los países de rápida expansión tales como China e India también se encuentran entre los que investigan el uso comercial de la energía generada por las olas y la marea.

El Centro Europeo de Energía Marina (EMEC) se inauguró en Orkney en Escocia en el 2004 y se encarga de evaluar potenciales generadores de energía de olas. Para el 2010, los funcionarios de la UE estiman que la energía obtenida del mar generará electricidad suficiente para abastecer casi un millón de hogares en el mundo industrializado.

España no se queda atrás, la localidad cántabra de Santoña es pionera en la investigación de esta energía, al haberse instalado allí una de las primeras plantas de energía de las olas de Europa. La comunidad autónoma española con mayor potencial en este tipo de energía es Galicia.

La energía marina tiene múltiples ventajas ambientales, porque los mecanismos no se colocarían donde se desarrolla la actividad pesquera, sino más lejos, y tampoco tiene efectos negativos para las aves acuáticas. Además no afea el paisaje cuando las instalaciones están colocadas a gran distancia de la costa.

Aunque hace mucho tiempo que los ingenieros son conscientes del potencial que ofrece la energía generada por el mar, ésta no se ha desarrollado del mismo modo que otras energías renovables, como por ejemplo la energía eólica. En los últimos tiempos, ha habido un gran progreso en este campo y la operación avanza, pero el proceso es bastante lento. Se espera que en un plazo de entre cinco y diez años se pueda comercializar este tipo de energía. *(Adaptado de <http://erenovable.com>)*

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



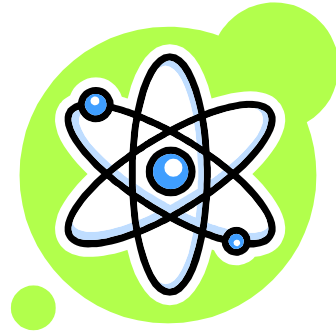
**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# ENERGÍA

## El debate sobre la energía nuclear



El debate sobre la energía nuclear aparece en la prensa siempre que existen problemas de abastecimiento energético o en época de elecciones, despertando pasiones, tanto a favor como en contra. España cuenta con ocho centrales nucleares. La última se puso en marcha en 1987. España es dependiente en energía, ya que carece de yacimientos petrolíferos e importa la mayor parte del carbón que emplea en sus centrales térmicas. Dos tercios de la producción de electricidad procede de combustibles fósiles, mientras que las centrales nucleares aportaron en el año 2007 alrededor del 17%. En algunos países la contribución de la energía nuclear al pastel de la electricidad es muy más elevada: Francia (77%), Lituania (64%), Bélgica (54%), Suecia (46%), Suiza (37%), Japón (28%), Alemania (27%), EEUU (19%). En países en desarrollo como India o China la energía nuclear apenas aporta el 2% de la producción eléctrica.

Los inconvenientes de la energía nuclear son la generación de residuos de alta radiactividad y, especialmente, su tratamiento. Se guardan en las piscinas de cada una de las centrales, aunque se prevé la construcción de un almacén temporal que recoja los residuos de las ocho centrales (dos de ellas ya cerradas), sin emplazamiento definido por el momento. El Consejo de Seguridad Nuclear y Enresa se encargan de la supervisión de las plantas y la gestión de residuos, respectivamente (Enresa es una empresa pública que desde 1984 se hace cargo de la gestión de los residuos radiactivos que se generan en nuestro país y del desmantelamiento de las instalaciones nucleares). Sin embargo, los opositores de las nucleares advierten de los riesgos ambientales y para la salud en caso de accidente.

El Foro de la Industria Nuclear destaca, por su parte, que esta fuente garantiza el suministro de energía, al funcionar todos los días del año y a un precio competitivo. Además, no genera emisiones de gases de efecto invernadero y ofrece competitividad a la industria.

En una época donde la necesidad de grandes flujos de energía ha de hacerse compatible con el respeto escrupuloso al medioambiente es evidente que el debate sobre el uso de la energía nuclear está más abierto que nunca.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

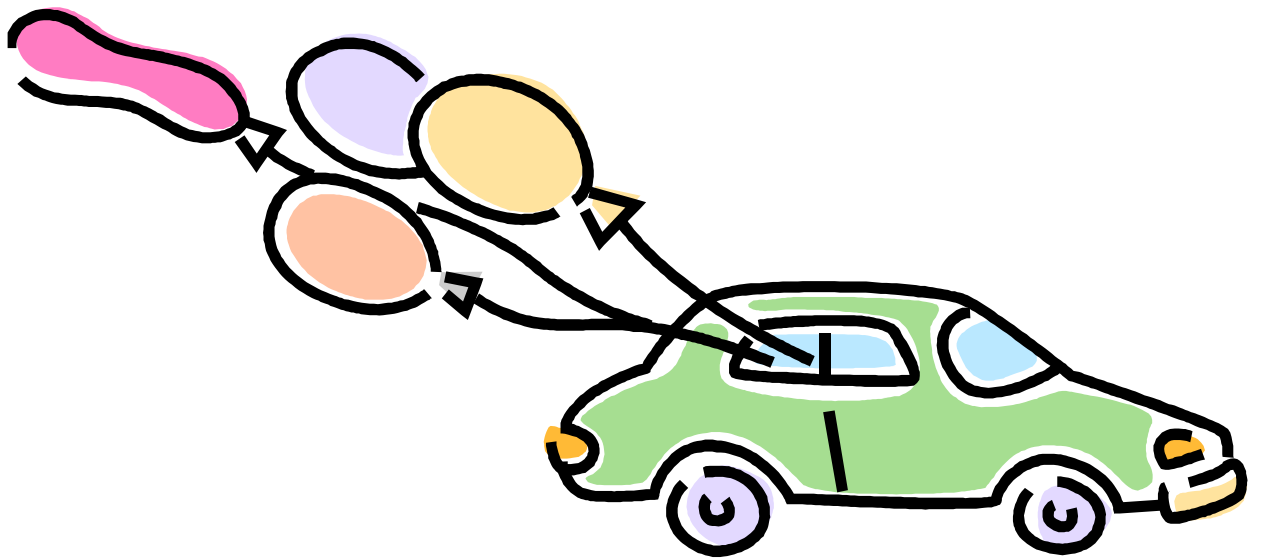
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**



# TRANSPORTE

Retos del sector del transporte ante el cambio climático. De los coches híbridos a las pilas de combustible.



# TRANSPORTE

## Compartir el coche es ahorrar y emitir menos CO<sub>2</sub>

Una de las actuaciones que, de manera más clara, mejora la eficiencia del sistema de transportes es la de aumentar la ocupación de cualquiera de los vehículos integrados en este sistema. El modo de transporte que menos ocupación presenta es el vehículo privado que en los recorridos urbanos es, como media, de 1,2 pasajero por vehículo.

Si tenemos en cuenta que, aproximadamente, un tercio de los viajes realizados en las ciudades se llevan a cabo en vehículo privado nos encontramos con las siguientes cifras para un día laborable en una ciudad de 250.000 habitantes:

Número de viajes	650.000
Viajes en vehículo privado	214.500
Número de vehículos	178.750
Kilómetros recorridos (5 km por viaje)	893.750
Litros de combustible consumidos	89.350
<b>Toneladas de CO<sub>2</sub></b>	<b>232,3</b>



Obviamente, para los conductores y/o pasajeros del coche compartido las ventajas son múltiples. Sólo en el aspecto económico se reducen los gastos del uso del vehículo, tanto en lo referente a la inversión y amortización como al uso; combustible, mantenimiento, reparación y gastos asociados al aparcamiento, puesto que se comparten.

A la vista de estos datos, la posibilidad de aumentar la ocupación de los vehículos privados se presenta como una manera eficiente y eficaz de reducir consumo y emisiones y mejorar, manifiestamente, la calidad de vida de nuestras ciudades sin renunciar a la movilidad necesaria y sin cambiar de modo de transporte.

Si sólo aumentáramos en un 10% la ocupación de nuestros coches al trasladarnos por la ciudad, pasando de 1,2 a 1,3 pasajeros por vehículo, en una ciudad como la citada se reduciría diariamente el número de vehículos en 16.250, se ahorrarían 8.125 litros de combustible, se dejarían de emitir 21,1 toneladas de CO<sub>2</sub> y liberaríamos 50.000 m<sup>2</sup> de espacio urbano debido exclusivamente al aparcamiento.

*Recomendaciones del Ministerio de Medio Ambiente y del Instituto IDAE (<http://www.compartir.es>)*



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

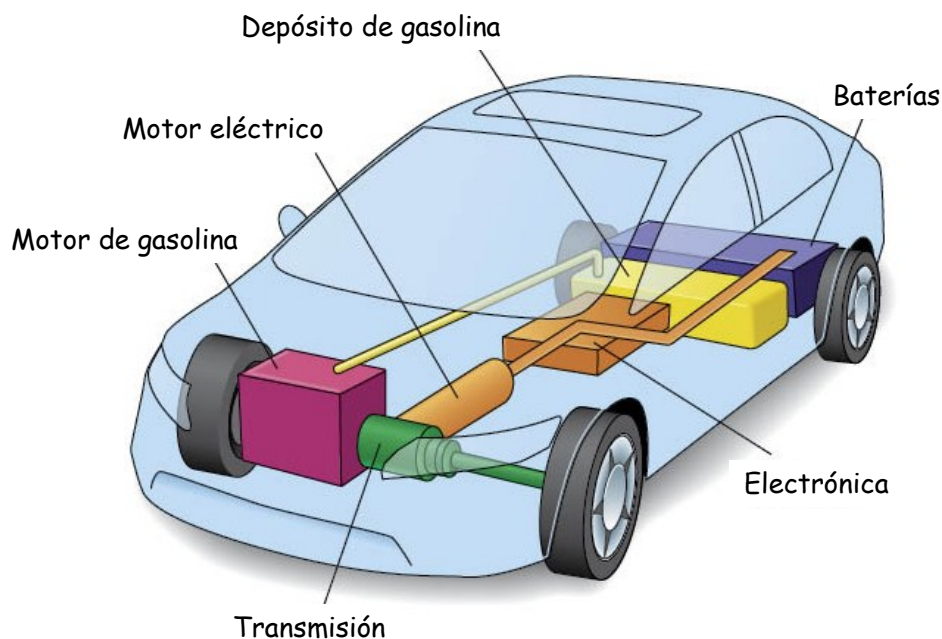
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Primera Fase. Coches híbridos de bajo consumo

La industria automovilística ha aceptado esta solución como la más conveniente a corto plazo para reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  de nuestros automóviles. Los coches híbridos combinan un motor de gasolina y un motor eléctrico, por lo que el consumo de gasolina se ve reducido en gran medida. Además, estos coches son capaces de transformar la energía de la frenada en energía eléctrica, por lo que su consumo de gasolina en ciudad, donde las frenadas son continuas, es mínimo.



Hoy en día los modelos comercializados de coches híbridos presentan unos consumos similares a los de los coches con motores Diésel. Esto unido a su elevado precio hace que actualmente se les considere, en muchos sitios, poco menos que un artículo de lujo. Sin embargo, las nuevas generaciones de coches híbridos, con menores consumos de gasolina y la posibilidad de ser conectados a la red eléctrica para recargar sus baterías, así como la introducción de penalizaciones en el impuesto de matriculación a los coches que no controlen sus emisiones de  $\text{CO}_2$  (para emisiones superiores a 120 g/km), pueden ayudar a su popularización.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Biomasa y energía



La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen RECIENTE que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La fotosíntesis consiste en la transformación del  $\text{CO}_2$  atmosférico por medio de la luz solar en el carbono contenido en los vegetales. Por lo tanto, cuando la biomasa se transforma en  $\text{CO}_2$  para obtener energía (proceso inverso a la fotosíntesis) sólo se está devolviendo a la

atmósfera lo que previamente se había fijado durante el crecimiento de la planta; de ahí que se diga que las emisiones NETAS de  $\text{CO}_2$  son nulas. El carbón y petróleo también son de origen vegetal, pero su formación no es reciente, por lo que al quemarlos emitimos a la atmósfera el  $\text{CO}_2$  que se captó hace millones de años, contribuyendo a un aumento NETO de la concentración ACTUAL de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera. La biomasa es cualquier material con alto contenido en carbono de origen vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales.

Alrededor de la mitad de la población mundial sigue dependiendo de la biomasa como fuente principal de energía. El problema es que en muchos lugares se está quemando la madera y destruyendo los bosques a un ritmo mayor que el de reposición, por lo que se están causando graves daños ambientales: deforestación, pérdida de biodiversidad, desertificación, degradación de las fuentes de agua, etc.

El uso de biomasa como combustible presenta la ventaja de que los gases producidos en la combustión tienen mucha menor proporción de compuestos de azufre, causantes de la lluvia ácida, que los procedentes de la combustión del carbón o derivados del petróleo. En la actualidad se están investigando distintos tipos de plantas para aprovechar de la mejor forma posible esta prometedora fuente de energía.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Biocombustibles en España

España es un país con una fuerte dependencia energética del exterior (en torno al 80%). En el transporte, el Gobierno pretende reducir tanto la dependencia como las emisiones de CO<sub>2</sub> por medio de la introducción paulatina de biocarburantes. Frente a los combustibles derivados del petróleo, el biodiésel reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 75%, mientras que la reducción obtenida con el bioetanol varía entre un 30% (EEUU, UE) y un 90% (Brasil). La nueva Ley del Sector de Hidrocarburos establece que las gasolinas y los gasóleos deberán contener un 1,9 por ciento de biocarburantes en 2008, un 3,4 por ciento en 2009 y un 5,83 por ciento en 2010. Estos objetivos no parecen muy ambiciosos para un país donde el transporte contribuye al 40% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> y que sobrepasa sus emisiones de CO<sub>2</sub>, acordadas en el marco del protocolo de Kioto, en más de un 33%.



La producción de biocarburantes en España se situó en 2006 en 445.577 toneladas (72% de bioetanol y 28% de biodiésel). Según estos datos, ofrecidos por un informe de Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), la cifra total de producción aumentó un 44% respecto a la alcanzada el año anterior, 2005. También las ventas en España de biocarburantes procedentes de las plantas nacionales creció en

2006, aunque a un ritmo muy inferior al de la producción, aumentando tan sólo un 19% respecto al año anterior, hasta alcanzar las 241.849 toneladas (74% de bioetanol y 26% de biodiésel). Esto representa sólo el 0,5% del mercado nacional de gasolinas y gasóleos.

Al cierre del ejercicio 2006 estaban en funcionamiento en España un total de 16 plantas de producción de biocarburantes, de las que 12 eran de biodiésel y cuatro de bioetanol.

Las organizaciones ecologistas, que inicialmente estaban a favor de la introducción de biocombustibles convencionales como el bioetanol o el biodiésel, ahora muestran una posición más crítica debido al emergente conflicto alimentos - bioenergía. Del otro lado, los productores de biocombustibles señalan que el conflicto no tiene fundamento real, sino que forma parte de una campaña de desprestigio promovida por sectores interesados. Existen formas de producir biocombustibles sin necesidad de emplear alimentos en el proceso. Las investigaciones encaminadas al desarrollo tecnológico de estos procesos deben ser primadas en los programas de investigación elaborados en España.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Biocombustibles y especuladores sin conciencia



La Unión Europea se ha propuesto que los biocombustibles sustituyan al 10% de las gasolinas y gasóleos en los automóviles para el año 2020. EEUU ha subido el listón al 17% para el año 2017. Si estos biocombustibles se sintetizan mediante procesos de primera generación (a partir de cultivos alimentarios) es difícil pensar que no vaya a producirse una distorsión del mercado que sea aprovechada por los especuladores para aumentar aún más los precios de los alimentos. Obviamente el debate es delicado, ya que se pretende contraponer la lucha contra el cambio climático a la necesidad de alimentar a la población de un mundo en expansión. Los biocombustibles de segunda generación (bioetanol de celulosa, biodiésel de algas y jatrofa, biometanol, etc.) son superiores a los biocombustibles convencionales tanto en el grado de reducción "real" de emisiones de CO<sub>2</sub> como en que no compiten en el mercado de los alimentos, por lo que el mundo debería plantearse el objetivo prioritario de impulsar su desarrollo.

Por otro lado, no conviene demonizar a los biocombustibles convencionales sin un análisis previo de todos los factores, ya que no hay que perder de vista que gran parte de la subida de los precios alimentarios se debe a la subida imparable del precio del petróleo y a la falta de escrúpulos de los especuladores. Jean Ziegler, relator especial de la ONU para el Derecho a la Alimentación, dijo recientemente: "Es absurdo que los alimentos básicos coticen en Bolsa y estén sujetos a maniobras especulativas, cuando su comercio condiciona la supervivencia de millones de personas. Es un despropósito que el precio de los alimentos sea fijado por la Bolsa, cuando deberían ser retirados de la especulación. Lo ocurrido entre diciembre y marzo pasados (2007-2008) fue escandaloso: tras el crack financiero, que provocó más de un billón de dólares de pérdidas en valores patrimoniales, los grandes especuladores emigraron de la Bolsa de Nueva York hacia la de Chicago. Es decir, pasaron de especular y perder con acciones y obligaciones, a hacerlo y conseguir enormes beneficios con materias primas agrícolas, con arroz, trigo, mijo, etcétera. La sociedad civil exige que los alimentos sean declarados bien público y que su precio se fije mediante negociaciones entre países productores y países consumidores. El sistema para hacerlo ya ha sido puesto a punto por la UNTACD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), que presentó en Roma siete métodos para fijar los precios de las materias primas alimentarias. Pero las presiones de la delegación norteamericana y de las grandes sociedades multinacionales lograron que quedara descartado."



# CO<sub>2</sub> y cambio climático



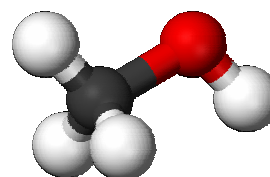
**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Biometanol, ese gran desconocido



El desarrollo de procesos alternativos de síntesis de biocombustibles que eviten el conflicto alimenticio (p.ej. a partir de algas o celulosa) está aún en una etapa temprana. Frente a esta situación el biometanol emerge como un biocombustible listo para ser empleado, a pesar de su escaso predicamento en los medios de comunicación o en las oficinas políticas. El biometanol, a diferencia del resto de biocombustibles, se produce a partir de la gasificación de cualquier material que contenga carbono e hidrógeno en su composición. De este modo abarca todo tipo de biomasa, incluyendo residuos agrícolas, forestales, industriales y urbanos, así como cultivos energéticos de todo tipo (gramíneas, arbustos, etc.). Así se evita la competencia directa con los cultivos alimentarios. La gasificación de estos materiales, con o sin la adición de agua, produce un gas de síntesis ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) que se transforma fácilmente en metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) mediante catalizadores convencionales. El nivel de reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$  proporcionado por el biometanol, incluyendo el proceso de síntesis, es del 85%. Es un combustible líquido que posee un elevado octanaje, pudiendo ser utilizado en motores de combustión interna (ICE). Por su especial proceso de síntesis (gasificación) requiere de una menor cantidad de biomasa por kilómetro recorrido (el rendimiento energético a partir de la biomasa del sistema "bio-combustible + ICE" es de un 10% para el bioetanol y biodiésel frente al 15-20% para el biometanol). Se estima que para alimentar todos los coches del futuro (año 2050) con biometanol habría que emplear menos del 40% de la biomasa energética disponible en el mundo. Además, el coste actual de producción de metanol a partir de biomasa se estima en aproximadamente 0,6 euros por litro de gasolina equivalente, valor que se reduciría ampliamente con la implantación masiva del proceso.

Pero su mayor atractivo estriba en la posibilidad de utilizarlo a medio plazo como fuente de hidrógeno *in situ* en los futuros coches de pilas de combustible. Estos coches son mucho más eficientes (el rendimiento energético del sistema "biometanol + pila" se elevaría hasta el 25-33%), silenciosos (funcionan *a pilas*) y limpios. En los coches de pilas de combustible el uso de metanol como fuente de hidrógeno soslayaría además el complejo almacenamiento de hidrógeno a bordo del automóvil, que requeriría del uso de sistemas presurizados o criogénicos muy caros, o de sorbentes químicos muy pesados.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



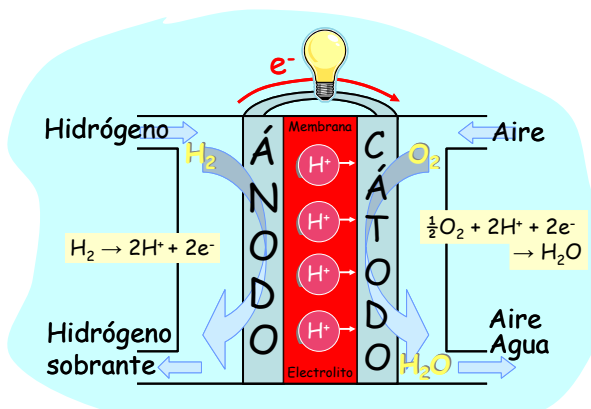
**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Retos de las pilas de combustible



Las pilas (o células) de combustible producen energía eléctrica mediante la combinación de hidrógeno y oxígeno que son convertidos en agua. De ahí su gran atractivo, pues las células de combustible producen una energía limpia a la par que silenciosa.

Las pilas de combustible son además sistemas de conversión de energía más eficaces que los motores de combustión interna, por lo que usan una menor cantidad de combustible equivalente. Sin embargo, el hidrógeno no existe como tal en la naturaleza, y por lo tanto hay que producirlo a partir de fuentes primarias de energía. Hoy en día se sintetiza a partir de gas natural, por lo que en su producción se emite  $CO_2$ . Obviamente, en el futuro la producción ha de llevarse a cabo por medio de procesos limpios, bien a partir de combustibles fósiles, incluyendo la captación del  $CO_2$  producido y su posterior almacenamiento geológico, o bien a partir de fuentes renovables (electricidad renovable o biomasa).

Sin embargo, el principal escollo para la implementación masiva de las pilas de combustible es de tipo tecnológico. Las pilas poseen un tipo de membrana (electrolito) que pierde sus propiedades a temperaturas superiores a  $100^\circ C$ . Esta es, por lo tanto, la temperatura límite de operación para los materiales de la pila que han de transformar el  $H_2$  en electricidad (catalizadores). El platino es el único material que puede llevar a cabo esta operación a temperatura tan baja. Sin embargo, para poder dotar de pilas de combustible a todos los coches que circularán sobre la tierra en el año 2020 necesitaríamos todo el platino extraído durante 320 años, al ritmo actual de extracción, o, lo que es lo mismo, un consumo equivalente a la tercera parte de las reservas mundiales de platino. Los científicos trabajan tanto para desarrollar membranas que permitan operar a mayor temperatura, y así usar otro tipo de catalizadores más accesibles, como en buscar nuevos catalizadores que no estén basados en platino y que puedan operar a baja temperatura.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



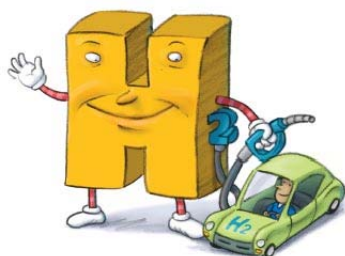
**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**

# TRANSPORTE

## Más allá del 2050. La Sociedad del Hidrógeno



Bajo las hipótesis más favorables, a largo plazo el  $H_2$  y las pilas de combustible cubrirán la demanda global de energía en el transporte. Para el suministro de dicho hidrógeno, en aquéllos sitios de difícil integración en una red centralizada, habrá estaciones de servicio que generen el  $H_2$  *in situ* por medio bien de electrolizadores alimentados por energías renovables (p.ej. placas solares fotovoltaicas) o bien de reformadores de biomasa. Sin embargo, la mayor parte del suministro se llevará a cabo por medio de estaciones de servicio conectadas en red gracias a un entramado de tuberías a presión cuyo punto de inicio serán las plantas de producción a gran escala. Estas plantas utilizarán el *mix* de fuentes primarias de energía más conveniente para cada región, sin descartar el uso limpio de combustibles fósiles para co-generar  $H_2$  y electricidad, siempre con sistemas de captación y almacenamiento de  $CO_2$ .

La energía nuclear aparece como una opción incierta de futuro, aunque en todo caso su aportación a la producción global de hidrógeno se llevará a cabo por medio de ciclos termoquímicos, más eficientes que los procesos que emplean electricidad (electrolisis de agua).

Para el almacenamiento a largo plazo de grandes cantidades de  $H_2$  el depósito subterráneo, donde el  $H_2$  es comprimido e inyectado en acuíferos o cavernas subterráneas, se presenta como la mejor opción. Para el almacenamiento a menor escala en los sitios de producción se usarán opciones a escala similares a las empleadas en los vehículos (tanques de hidrógeno comprimido y de hidrógeno líquido, depósitos de hidruros, etc.).

El hidrógeno también servirá para suplir una fracción importante de la demanda de electricidad y calor en los sectores residencial e industrial. Esto se conseguirá mediante pilas de combustible de elevada eficiencia que trabajan a altas temperaturas (pilas de óxido sólido), permitiendo así co-generar la electricidad y el calor demandado en los hogares. Dado que estas pilas pueden procesar tanto gas natural como hidrógeno se presentan como una buena opción de transición hacia la Sociedad del Hidrógeno.

# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

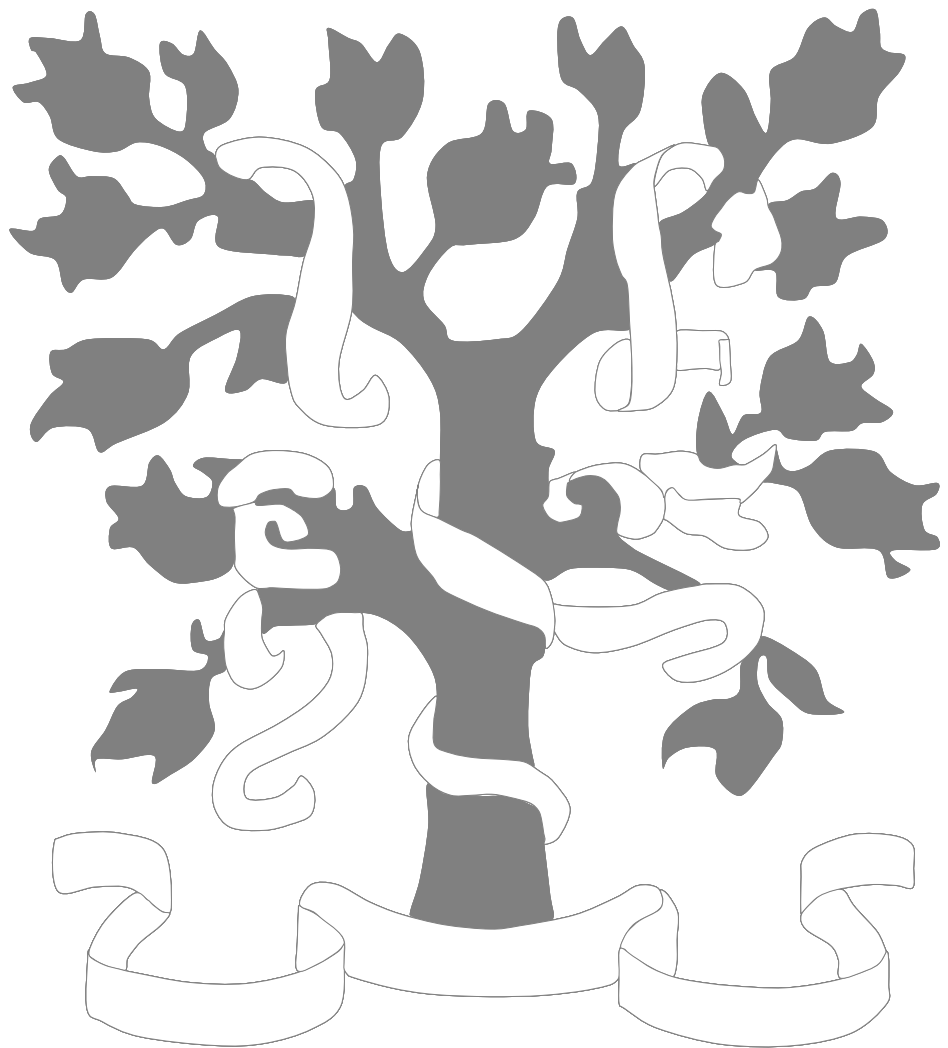
Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**





# CSIC





# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**



# INCAR





# CO<sub>2</sub> y cambio climático



**CSIC**

Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas

**Instituto Nacional del Carbón (CSIC)**





# AUTORES





# AUTOR / RECOPIADOR DE LOS TEXTOS

CSIC - CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
INCAR (Instituto Nacional del Carbón)

Dr. Gregorio Marbán Calzón

# AUTORES DE LOS PANELES

CSIC - CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
INCAR (Instituto Nacional del Carbón)

Dra. Ana Arenillas de la Puente

Dra. Ángeles Gómez Borrego

Dr. Gregorio Marbán Calzón

Dra. Teresa Valdés-Solís Iglesias

IMEDEA [Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB)]

Dra. Marta Álvarez Rodríguez

Dr. Jesús M. Arrieta López de Uralde

Sra. Alexandra Coello Camba

Dr. Carlos M. Duarte Quesada

Sra. Neus Garcías Bonet

Dra. Núria Marbà Bordalba

Sra. Aurore Regaudie de Gioux

Sr. Sergio Ruiz Halpern

Sra. María Sánchez Camacho

Sra. Raquel Vaquer Suñer

IGME - Instituto Geológico y Minero de España

Dr. Roberto Martínez Orio

Dra. Isabel Suárez Díaz

CIEMAT - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

Dr. Ignacio Cruz Cruz,

Dr. Diego Martínez Plaza

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)

Dra. Fernanda Sánchez Ojanguren





