

## Carbón y Confinamiento de CO<sub>2</sub>

carbón, se trata de sustituir el aire en el proceso de combustión por una mezcla O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>. El oxígeno se obtiene por destilación criogénica del aire y el CO<sub>2</sub> proviene del reciclado de parte del gas producto del proceso de combustión.

Están ya en marcha grandes proyectos de investigación y desarrollo en todo el mundo para optimizar estos sistemas y adaptar tecnologías ya existentes a gran escala, a la nueva aplicación (de escala todavía mayor). También existen muchos proyectos desarrollando procesos nuevos, basados en nuevas configuraciones de reactores o en nuevos materiales funcionales (membranas de H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>; sorbentes de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) para conseguir la separación de los gases claves en estos procesos con mayores rendimientos energéticos y menor coste. Solo el tiempo decidirá cual de estas opciones es realmente la más aceptable (es decir la más barata y eficaz energéticamente) para seguir generando energía útil a partir de carbón, produciendo CO<sub>2</sub> en condiciones adecuadas para su confinamiento.

El 10 de Marzo de 2005, el Consejo de Ministros de Medio Ambiente de la UE acordó los porcentajes aproximados de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a partir de 2012 (fin de

la primera fase de aplicación del Protocolo de Kioto). Las horquillas van del 15 al 30% para 2020 y del 60 al 80% para 2050. Estos niveles de reducción, que son necesarios para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, requerirán un amplio abanico de opciones de generación de energía sin emitir CO<sub>2</sub>. Ahorro, sistemas más eficaces de transformación de la energía y fuentes renovables deben ser la prioridad. Pero estas opciones no van a ser suficientes para alcanzar niveles tan ambiciosos de reducción de emisiones, en una escala de tiempos tan corta, y en un mundo con una población mayoritaria en vías desarrollo.

El carbón es el combustible fósil que más CO<sub>2</sub> emite por unidad de energía útil producida. Pero sus reservas constituyen en torno a 2/3 partes de las reservas de energía fósil en el mundo. El carbón, con captura y confinamiento de CO<sub>2</sub>, puede acabar siendo parte de la solución, y no el problema, en la lucha por mitigar el cambio climático. El carbón, puede darnos el tiempo que necesitamos hasta que otras fuentes primarias de energía sustitutivas se desarrollen plenamente y nuestras sociedades puedan asumir su coste.

## CO2NET: Red Europea del Dióxido de Carbono

Ana Arenillas, Instituto Nacional del Carbón CSIC

CO2NET es una red temática Europea constituida por distintas Instituciones, Centros de Investigación y Desarrollo y empresas involucradas en tecnologías para la mitigación del CO<sub>2</sub>. Entre sus actividades se encuentra facilitar la colaboración entre sus miembros en el marco de proyectos europeos sobre captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

El objetivo fundamental de CO2NET es contribuir en la mayor medida posible, y mediante la cooperación de sus miembros, a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y con ello contribuir a que Europa tenga un sistema energético seguro, sostenible y compatible con el medio ambiente.

Entre sus actividades se encuentra la diseminación de información sobre el tema tanto a los sectores involucrados (p.ej.: centros de I+D, empresas, etc) mediante distintos estudios técnicos y estratégicos; como al público en general mediante CDs educacionales o el documento que aquí se presenta y que ha sido adaptado al español por Ana Arenillas del Instituto Nacional del Carbón, CSIC.

Para más información sobre CO2NET consultar la página web ([www.co2net.com](http://www.co2net.com)) o contactar con el Dr. Juan Carlos Abanades ([abanades@incar.csic.es](mailto:abanades@incar.csic.es)) o la Dra. Ana Arenillas ([aapunte@incar.csic.es](mailto:aapunte@incar.csic.es)) del Instituto Nacional del Carbón, CSIC.

## CO2NET: Red Europea del Dióxido de Carbono



### RED EUROPEA DEL DIÓXIDO DE CARBONO

Por un sistema energético europeo seguro, sostenible y compatible con el medio ambiente

# UNA SOLUCIÓN FACTIBLE PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

**El petróleo, el gas natural y el carbón son extraídos de la Tierra, fundamentalmente, con fines energéticos. Al quemar estos combustibles, además de generar energía, se liberan gases como el dióxido de carbono, el cual está íntimamente ligado al cambio climático. Sin embargo, es posible capturar este dióxido de carbono y almacenarlo bajo tierra, manteniéndolo de forma segura y alejado de la atmósfera. Con ello se reducirían notablemente las emisiones de dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, mitigando el cambio climático y estableciendo un elemento clave en la transición hacia un sistema energético sostenible.**

#### ¿Por qué capturar y confinar el CO<sub>2</sub>?

La influencia de la actividad humana en el cambio climático es cada día más evidente. Un hecho clave para entender este cambio climático es el aumento de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, como resultado del creciente uso de los combustibles fósiles. La mayoría de los expertos afirman que es necesario reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en más del 50%, con el fin de estabilizar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y mitigar así el cambio climático. Como primer paso para ello, en 1997 se adoptó el

llamado protocolo de Kyoto, con objeto de reducir las emisiones en el 2012 al nivel de 1990. Para conseguirlo pueden ponerse en práctica las siguientes medidas:

- ◆ Mejora de la eficacia energética, y reducción de la demanda mediante un uso racional de la energía.
- ◆ Utilización de energías renovables (energía eólica, solar, etc.).
- ◆ Captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub> emitido.

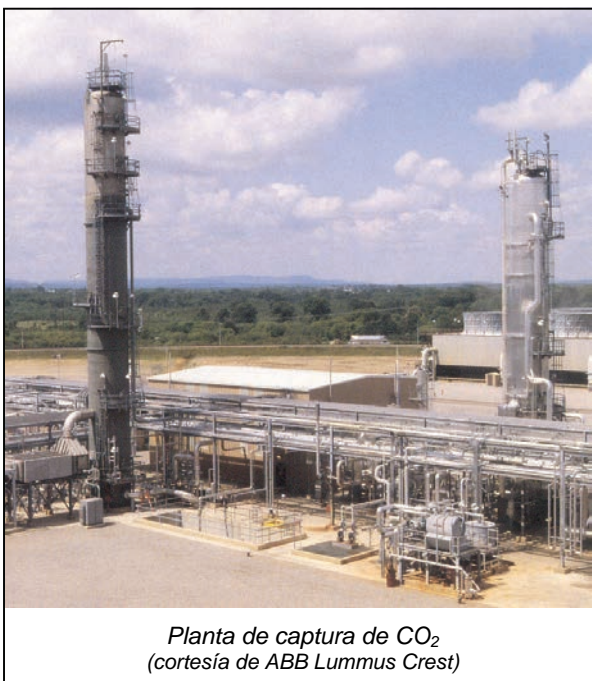
No obstante el efecto combinado de un aumento de la eficacia energética y del uso de energías renovables no es suficiente para reducir las emisiones en la cantidad requerida.

Por lo tanto la tercera medida, captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, es también necesaria para mitigar el cambio climático. Confinar el CO<sub>2</sub> bajo tierra no es algo nuevo. En muchos países existen bolsas naturales de CO<sub>2</sub> almacenadas en formaciones geológicas desde hace millones de años. La humanidad depende energéticamente de los combustibles fósiles y el cambio a otra fuente energética no puede hacerse bruscamente, sino mediante una transición lenta que puede durar muchos años. La captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> proporciona una transición gradual desde nuestro actual sistema energético a otro más diversificado.

## CO<sub>2</sub>NET: Red Europea del Dióxido de Carbono

### ¿Qué es captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>?

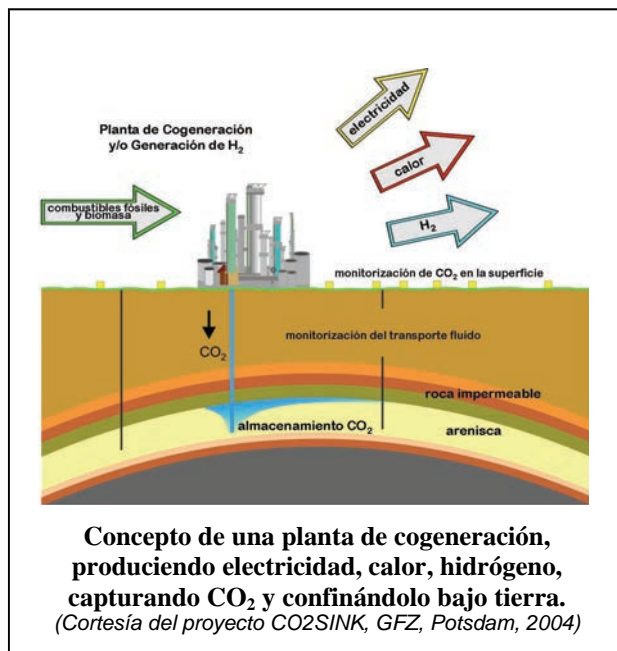
Todos los combustibles fósiles contienen carbono en su composición. Al quemarlos, este carbono reacciona con el oxígeno del aire y se forma CO<sub>2</sub>. Capturando el CO<sub>2</sub> antes o después del proceso de combustión se evitaría su emisión a la atmósfera. El CO<sub>2</sub> capturado, puede ser transportado y confinado en lugares seguros bajo tierra, como yacimientos ya explotados de gas o petróleo, minas no explotables de carbón o acuíferos salinos profundos.



### ¿Cómo y dónde podemos capturar CO<sub>2</sub>?

Aproximadamente, el 60% de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el hombre provienen de grandes fuentes estacionarias como centrales térmicas, refinerías y otras industrias. En la mayoría de estos procesos, el gas efluente contiene CO<sub>2</sub> en baja proporción (5-15%). Una opción es separar el CO<sub>2</sub> de los otros gases y

generar una corriente que contenga, aproximadamente, el 90% de CO<sub>2</sub>. La otra opción es capturar el CO<sub>2</sub> antes del proceso de combustión, como es el caso de la generación de H<sub>2</sub> a partir de gas natural (CH<sub>4</sub>). La captura de CO<sub>2</sub> no es una tecnología nueva, está siendo utilizada en diferentes sectores industriales. En la actualidad, el CO<sub>2</sub> separado es directamente emitido a la atmósfera o bien purificado para su utilización en distintos mercados, como, por ejemplo, en la industria de bebidas carbónicas. Aunque ya existe la tecnología, no es todavía la adecuada para aplicarla a gran escala como sería el caso de las centrales térmicas. Actualmente, se está impulsando en gran medida la investigación en todo el mundo para buscar y desarrollar nuevas ideas, con el propósito de mejorar las tecnologías existentes para la captura de CO<sub>2</sub>, reducir costes y el consumo energético.



### ¿Dónde se almacena?

Después de su captura, el CO<sub>2</sub> puede ser almacenado o reutilizado (p.ej. industria de bebidas carbónicas, invernaderos, etc.). Sin embargo, el mercado de CO<sub>2</sub> es muy limitado, por lo que la mayoría del CO<sub>2</sub> capturado necesita ser confinado.

## CO2NET: Red Europea del Dióxido de Carbono

Este almacenamiento puede tener lugar en formaciones geológicas (yacimientos agotados de gas y petróleo, acuíferos salinos profundos y minas no explotables de carbón). El CO<sub>2</sub> puede ser fijado también en ciertos minerales. Las formaciones geológicas ofrecen una gran capacidad de almacenamiento (ver tabla). A pesar de la incertidumbre en las predicciones, parece claro que existe suficiente capacidad para almacenar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el hombre durante decenas y posiblemente centenares de años.

Yacimientos de gas y petróleo: son considerados como una opción muy segura y factible, ya que, por una parte, han mantenido petróleo, gas y a menudo CO<sub>2</sub> durante millones de años y, por otra, ya han sido muy bien estudiados. La inyección de CO<sub>2</sub> en estos yacimientos facilitaría la recuperación del residual de petróleo/gas que quedara, dando unos beneficios que costearían fácilmente los gastos del almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Este proceso ha sido ya utilizado en Estados Unidos durante años, no con el propósito de confinar CO<sub>2</sub>, sino para aumentar la producción de petróleo. En Canadá, la inyección de gas ácido (residuo del refino del gas natural consistente, fundamentalmente, en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S) en yacimientos de petróleo/gas y acuíferos salinos profundos, es una opción que se lleva a cabo desde hace muchos años.

### Capacidad mundial de las posibles opciones para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>

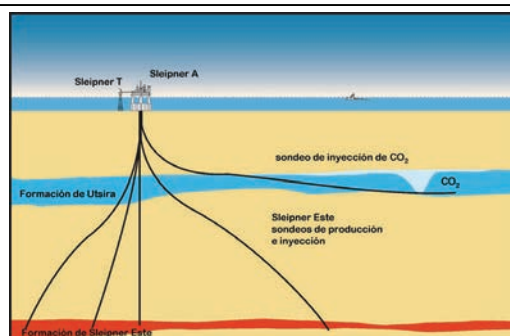
(Gt = 10<sup>9</sup> toneladas)

Opción	Capacidad de almacenamiento (Gt de CO <sub>2</sub> )
Acuíferos salinos profundos	400 – 10 000
Yacimientos agotados de petróleo y gas	930
Minas de carbón	30
<b>Emisiones mundiales CO<sub>2</sub></b>	<b>25 Gt CO<sub>2</sub> / año</b>

Fuente: IEA-GHG, 2004

Acuíferos salinos profundos: son formaciones subterráneas, típicamente areniscas, que contienen agua salada. Estas formaciones ofrecen un enorme potencial para el almacenamiento: están presentes en la mayoría de los países, son frecuentes en el registro geológico, con lo que se encontrarían cercanas a grandes fuentes estacionarias de CO<sub>2</sub>; son en general muy grandes y, por lo tanto, de gran capacidad de almacenamiento. La inyección de CO<sub>2</sub> en estas formaciones es similar a la de los yacimientos de petróleo y gas. El proyecto noruego Sleipner, primer proyecto comercial de inyección de CO<sub>2</sub>, en el que son inyectadas un millón de toneladas de CO<sub>2</sub> al año en un acuífero bajo el Mar del Norte, demuestra que el CO<sub>2</sub> puede ser almacenado en grandes cantidades de forma efectiva.

Las minas de carbón no siempre pueden ser explotadas fácilmente y, en numerosas ocasiones, se encuentra metano atrapado entre las capas. Sin embargo, se ha observado que cuando se inyecta CO<sub>2</sub> en vetas de carbón, éste se adsorbe más fácilmente que el metano, y por lo tanto el CO<sub>2</sub> se mantiene almacenado mientras se recupera el metano. Esto significa que las capas de carbón pueden ser una fuente de metano, el cual puede costear perfectamente los gastos de almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Las minas de carbón han mantenido el metano almacenado durante millones de años, por lo que es de suponer que podrán mantener el CO<sub>2</sub> almacenado de forma segura al menos durante miles de años. Esta tecnología está siendo probada en el proyecto Europeo RECOPOL, en Polonia.



El proyecto Sleipner – Se almacenan 1 millón de toneladas de CO<sub>2</sub> al año en un acuífero bajo el Mar del Norte (Cortesía de Statoil)



## CO2NET: Red Europea del Dióxido de Carbono

### ¿Cuánto cuesta capturar, transportar y almacenar el CO<sub>2</sub>?

La captura de CO<sub>2</sub> en centrales térmicas supone un consumo extra de energía, el cual se traduce en un aumento del coste de la electricidad. Este aumento depende del tipo de central térmica y del coste del combustible utilizado (carbón o gas). Varios estudios, realizados por el programa de I+D de Gases de Efecto Invernadero de la Agencia Internacional de la Energía, indican que la captura de CO<sub>2</sub> aumentaría los costes de electricidad entre 1,3 y 3 céntimos de euro por kWh. Otra forma de expresar estos costes es en términos de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas. En la actualidad, la captura de CO<sub>2</sub> representa un coste de entre 25 y 60 €/tonelada de CO<sub>2</sub> evitada. Se necesita seguir investigando para reducir notablemente estos costes.

El transporte tiene unos costes relativamente bajos: transportar CO<sub>2</sub> más de 100 km por tuberías costaría entre 1 y 4 €/tonelada de CO<sub>2</sub> evitada.

Los costes de almacenamiento dependen notablemente del tipo de yacimiento donde se inyecte. En acuíferos y yacimientos explotados de petróleo y gas, el coste variaría entre 10 y 20 €/tonelada CO<sub>2</sub>. En el caso de que se recuperara petróleo o gas durante la inyección, los costes podrían ser incluso inferiores a 0 €/tonelada CO<sub>2</sub>. En otras palabras: los beneficios compensarían los costes, llegando a ser una opción rentable.

### ¿Cuáles son los riesgos de la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>?

Como en cualquier otra tecnología, existen riesgos asociados a la captura y confinamiento de CO<sub>2</sub>. Lo realmente importante es: (a) si los riesgos son aceptables y (b) si los riesgos son comparables a otras alternativas para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los riesgos más importantes residen en el transporte y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Todos los posibles puntos de almacenamiento deben estar lejos de zonas con riesgos sísmicos, para asegurar la estabilidad de las formaciones rocosas.

En EE.UU. existe una gran infraestructura de gaseoductos de CO<sub>2</sub> (3100 km). Los registros muestran 10 accidentes entre 1990 y 2001, sin

heridos o bajas. Aunque un accidente siempre puede ocurrir cuando se transporta un gas a gran escala, las consecuencias se pueden minimizar con las medidas de control adecuadas, como en los gaseoductos de gas natural, presentes en la mayoría de los países europeos. Además, en el caso del CO<sub>2</sub> se evitarían los riesgos de explosiones, ya que no es inflamable como el gas natural.



Transporte de CO<sub>2</sub> EE.UU.-Canadá

El principal riesgo asociado con el almacenamiento reside en el punto de inyección de CO<sub>2</sub>, debido a algún posible escape. La probabilidad de fuga en el almacenamiento subterráneo es realmente baja, y comparable al de un escape de gas natural de alguno de sus yacimientos, lo cual es poco usual. La investigación que se está llevando a cabo actualmente en gran número de instituciones en todo el mundo, abarca los siguientes puntos relacionados con los riesgos en el almacenamiento de CO<sub>2</sub>:

- ◆ Estudio detallado de los procesos físicos y químicos implicados en los yacimientos.
- ◆ Selección y análisis (incluida la actividad sísmica) de los yacimientos adecuados.
- ◆ Predicción del comportamiento a largo plazo del CO<sub>2</sub>, técnicas de monitorización y verificación.
- ◆ Métodos de evaluación y gestión de riesgo.
- ◆ Procedimientos y normas de regulación.
- ◆ Integridad del yacimiento

## CO2NET: Red Europea del Dióxido de Carbono

### Incentivos

Para que la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> sea realmente una opción comercial y las grandes compañías de generación de energía inviertan en esta tecnología, son necesarios ciertos incentivos. Se debe establecer un precio para el carbono emitido, bien en forma de tasas, bien mediante un sistema de mercado.

En un sistema de mercado, se crearía un mercado de CO<sub>2</sub> estableciendo un máximo para cada país y unos permisos de emisión de CO<sub>2</sub> (también llamados créditos de emisión). El sistema de mercado de emisiones de la Unión Europea incluye específicamente el uso de la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (decisión de la Comisión Europea del 29 de Enero de 2004), para permitir a esta tecnología incorporarse a otras medidas de control de emisiones en la generación de energía y, así, afianzar en el futuro un suministro de energía seguro y sostenible para Europa.

Si la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> se logra con unos costes inferiores a 20 €/tonelada de CO<sub>2</sub> y se demuestra que el almacenamiento es una vía segura, esta tecnología para la mitigación de gases de efecto invernadero podría ser utilizada comercialmente en una década, siempre que estuviera acompañada de una regulación fiscal adecuada.

### Más información:

[www.co2net.com](http://www.co2net.com): CO2NET es una Red Temática Europea enfocada a la difusión de información específica para las personas y organismos involucrados, y general para el público y la educación.

Las siguientes páginas web proporcionan información detallada sobre tecnologías y proyectos relacionados con el tema:

[www.co2captureandstorage.info](http://www.co2captureandstorage.info).

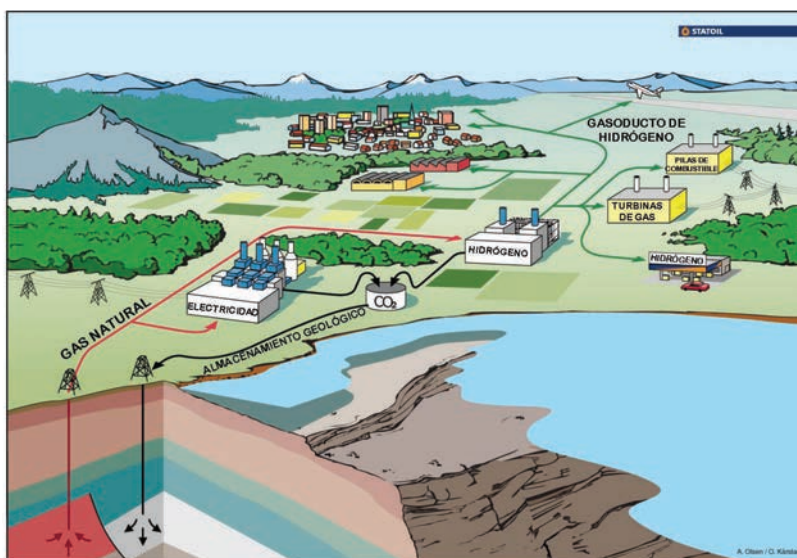
[www.ieagreen.org.uk](http://www.ieagreen.org.uk): El programa de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) sobre gases de efecto invernadero es una colaboración internacional, que evalúa tecnologías, disemina resultados y establece objetivos para la investigación en captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

[www.co2captureproject.org](http://www.co2captureproject.org): Es un proyecto internacional patrocinado por ocho de las compañías líderes en generación de energía.

[www.clsforum.org](http://www.clsforum.org): El CSLF es una iniciativa internacional a nivel gubernamental para paliar el cambio climático.

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch): El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) ha realizado un informe especial sobre captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

[www.climnet.org/CTAP](http://www.climnet.org/CTAP): CAN, Red de ONGs Medioambientales, tiene un grupo de trabajo en captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.



*Posible situación futura: los combustibles fósiles generan electricidad e hidrógeno y el CO<sub>2</sub> es capturado y confinado bajo tierra (Cortesía de Statoil)*