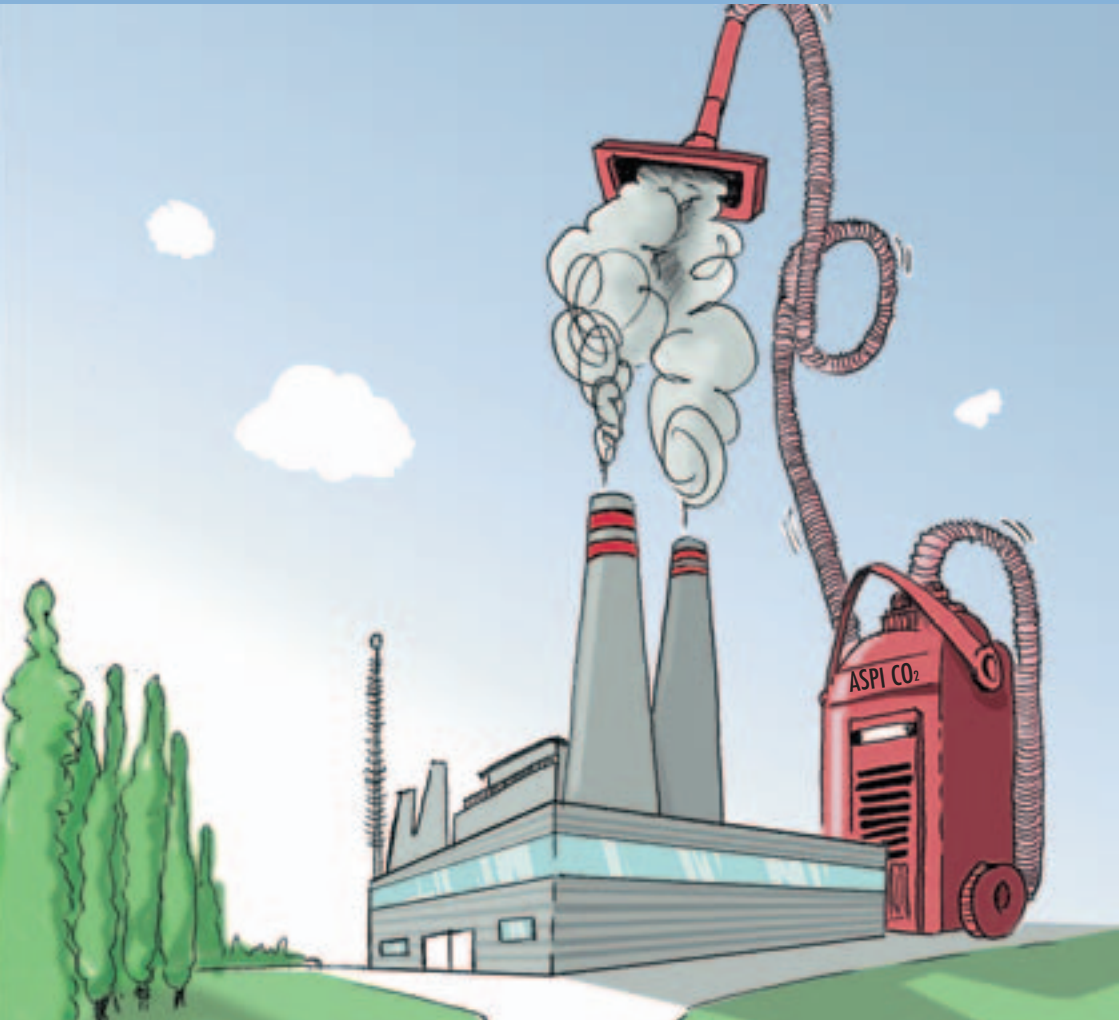




PNUMA

¿Puede el almacenamiento del dióxido de carbono contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero?



► Guía simplificada del "Informe especial sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático"

Acerca del IPCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El IPCC no lleva a cabo nuevas investigaciones. Su mandato consiste en realizar evaluaciones relevantes desde una perspectiva política de lo que se ha publicado en todo el mundo sobre los aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos del cambio climático. La mayor parte de esta literatura especializada ha aparecido en publicaciones revisadas por otros expertos.

El IPCC ha producido una serie de informes de evaluación, informes especiales, documentos técnicos y metodologías que se han convertido en obras normalizadas de referencia en materia de cambio climático para los encargados de formulación de políticas, expertos y estudiantes. El Grupo de Expertos está organizado en tres grupos de trabajo: El Grupo de Trabajo I se centra en los aspectos científicos del sistema climático; el Grupo de Trabajo II, en impactos, vulnerabilidad y adaptación; el Grupo de Trabajo III en mitigación, vocablo utilizado para describir las intervenciones humanas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ampliar los "sumideros" (bosques, océanos y otros sistemas naturales que pueden absorber el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de la atmósfera y almacenarlos).

El primer Informe de evaluación del IPCC se completó en 1990 y contribuyó a inspirar las conversaciones intergubernamentales que culminaron con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de 1992. Su segundo Informe de evaluación se publicó en 1996 y sirvió de aportación a las negociaciones sobre el Protocolo de Kyoto. El tercer Informe de evaluación de 2001 se centró en las nuevas conclusiones extraídas desde 1995 y prestó especial atención a lo que se conoce sobre el cambio climático en el plano regional- El cuarto informe estará finalizado en 2007.

Publicado por la División de Convenios Ambientales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en abril de 2006. Pueden solicitarse otros ejemplares al PNUMA, Information Unit for Conventions, International Environment House, 15 chemin des Anémones, CH-1219 Châtelaine (Ginebra), Suiza; iuc@unep.ch; o +41-22-917-8244/8196. Véase asimismo www.ipcc.ch, www.unep.org, y www.wmo.ch.

Impreso en papel reciclado.
GE-06-000840/S-1,500



Introducción

Los combustibles sólidos representan del 75 al 80 % del uso actual de energía en el mundo y las tres cuartas partes de las emisiones totales de dióxido de carbono de la humanidad. Si no se adoptan medidas específicas para reducir al mínimo nuestro impacto sobre el clima, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas a la energía obtenida de combustible fósiles van a incrementarse mucho durante el siglo XXI según todas las proyecciones. Las consecuencias, es decir, un aumento de la temperatura mundial de 1,4 a 5,8°C y la evolución de los modelos meteorológicos y los episodios extremos podrían ser desastrosas para las generaciones futuras.

La estabilización o reducción de las emisiones mundiales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en los próximos decenios ha de representar un desafío al ingenio

humano. Afortunadamente, el tercer informe de evaluación del IPCC, publicado en 2001, llegó a la conclusión de que las tecnologías actuales y nuevas para limitar las emisiones, si están apoyadas con las políticas correctas, podrían ayudar a estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernaderos para fines del siglo a niveles que limitarían el alcance del cambio climático.

Ninguna tecnología puede hacerlo por sí sola; será necesaria una combinación de tecnologías. Muchas de las tecnologías más prometedoras han de contribuir al objetivo buscado, al mejorar la eficiencia energética de determinados procesos y productos o mediante la conversión de las fuentes de energía solar, eólica y otras fuentes no derivadas del carbono en energía utilizable.

Pero puesto que el petróleo, el carbón y el gas van a seguir siendo

las fuentes primordiales de energía durante los próximos decenios, los gobiernos y la industria también están examinando tecnologías para reducir las emisiones de estos combustibles. Una de esas tecnologías se conoce como la captura y almacenamiento del dióxido de carbono. Esta tecnología, que lleva la abreviatura de CCS, podría utilizarse en grandes fuentes estacionarias, tales como las centrales térmicas y las grandes instalaciones industriales alimentadas con combustibles fósiles, para prevenir que sus emisiones de CO₂ entren en la atmósfera y contribuyan al cambio climático.

Para aprender más acerca de las posibilidades de esta tecnología, los gobiernos miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático pidieron al IPCC que evaluara el estado actual de los conocimientos acerca de la captura y almacenamiento del dióxido de carbono. El IPCC respondió congregando a unos 100 expertos de más de 30 países para que redactaran el "Informe especial del IPCC sobre captura y almacenamiento del dióxido de carbono". Numerosos expertos y gobiernos examinaron el texto antes de que estuviera finalizado en septiembre de 2005. El informe se presentó a continuación a los gobiernos en diciembre, con ocasión de la reunión anual de la Conferencia de las Partes en la Convención.

El PNUMA ha elaborado este breve folleto de información pública con el objeto de que las conclusiones técnicas del informe sean más accesibles para el lector ordinario.

¿Qué se entiende por captura y almacenamiento del dióxido de carbono?

La tecnología de captura y almacenamiento (CCS) del dióxido de carbono consiste en capturar el dióxido de carbono antes de que pueda emitirse a la atmósfera, transportarlo a un lugar seguro y aislarlo de la atmósfera, por ejemplo, en una formación geológica.

1 – Captura del dióxido de carbono. En primer lugar, el CO₂ debe ser separado de otros gases resultantes de la combustión o el procesamiento. A continuación se lo comprime y purifica, para facilitar su transporte y almacenamiento. Algunas corrientes de gases resultantes de los procesos industriales, tales como la purificación del gas natural y la producción de amoníaco, son sumamente puras desde un principio, mientras que otras no lo son.

El dióxido de carbono resultante de la combustión, en particular en el sector de la electricidad, puede ser capturado utilizando uno de tres sistemas. **Un sistema**

poscombustión separa el CO₂ de los demás gases de combustión mediante la utilización de un solvente orgánico.

Un sistema precombustión comienza procesando el combustible primario con vapor y aire u oxígeno. El monóxido de carbono resultante luego reacciona con vapor en un segundo reactor. Esto produce hidrógeno para generar energía o calor, así como CO₂, que se separa para almacenamiento.

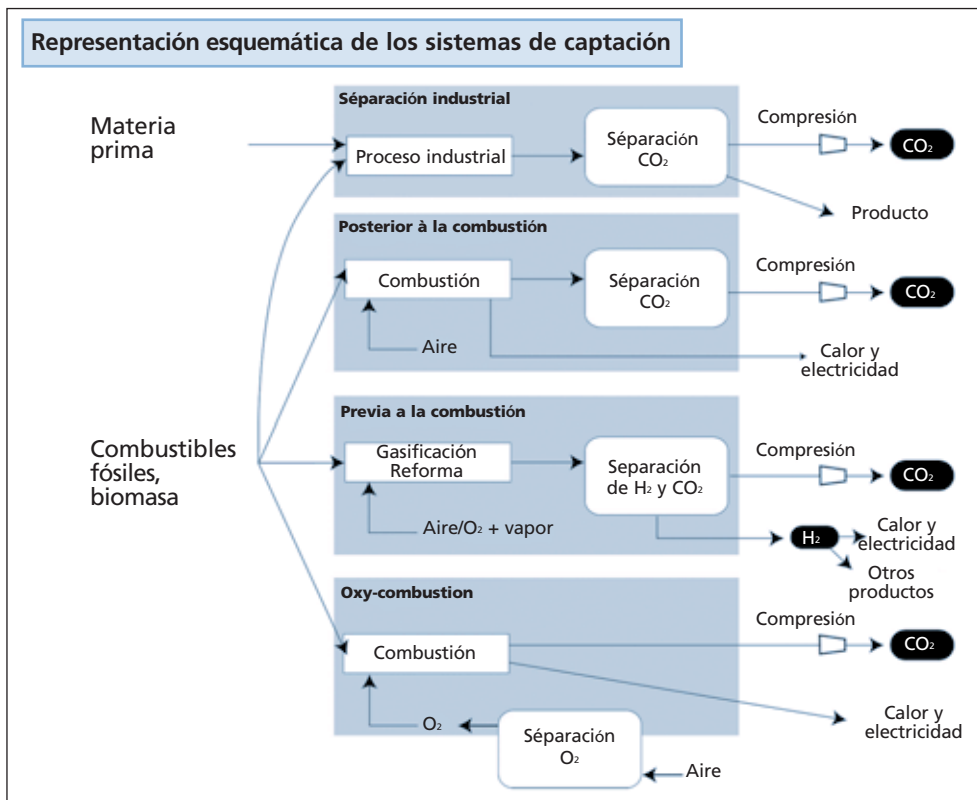
Estas dos tecnologías se han utilizado en el mercado durante décadas, en otras aplicaciones conexas. Los sistemas actuales de poscombustión y precombustión para las centrales de energía permiten capturar entre el 85 y 95% del CO₂ producido. Sin embargo, como para la captura y el almacenamiento de carbono se necesita aproximadamente 10 a 40% más de energía que en el caso de una central equivalente sin captura, el importe neto de

CO₂ "evitado" es de aproximadamente 80 a 90%.

El tercer sistema de captura se denomina combustión de oxi-fuel u **oxy-combustión**, ya que se utiliza oxígeno puro en lugar de aire para quemar el combustible. Da como resultado un gas de combustión que contiene principalmente vapor de agua y CO₂. El vapor de agua se retira enfriando y comprimiendo la corriente de gas. Esta tecnología, que está aún en fase de demostración, puede captar casi todo

el CO₂ producido, si bien debido a la necesidad de sistemas adicionales de tratamiento del gas para producir el oxígeno y para retirar los contaminantes como los óxidos de azufre y nitrógeno, el CO₂ evitado disminuye a cerca del 90%.

2 – Transporte del CO₂. Salvo cuando la fuente se encuentra directamente sobre un lugar de almacenamiento, es necesario transportar el CO₂. Hay varias maneras de hacerlo.

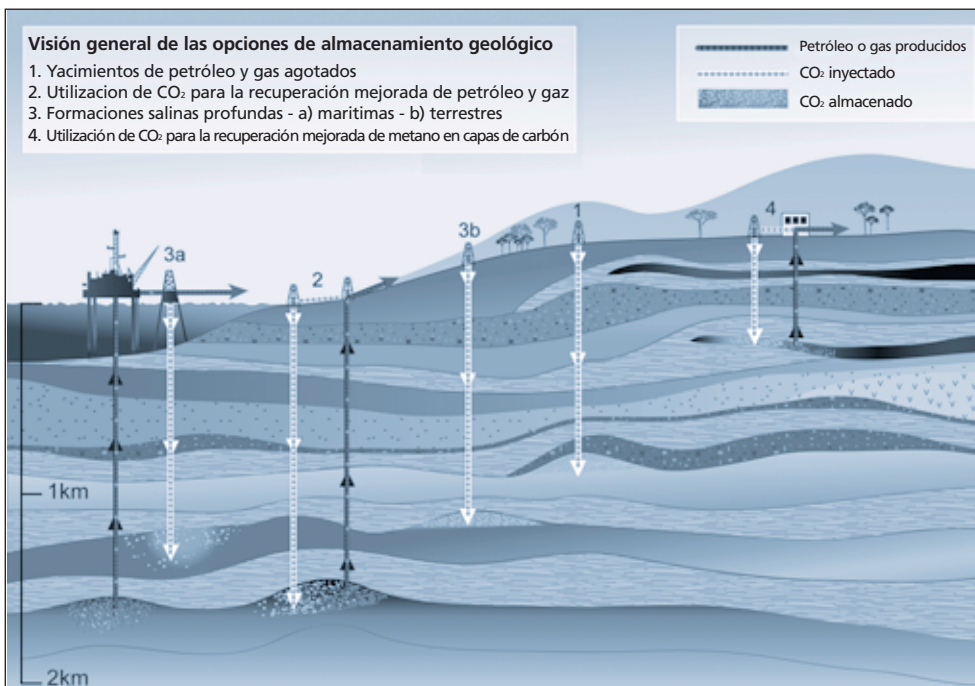


Las corrientes concentradas de CO₂ pueden transportarse con seguridad a una presión elevada a través de gaseoductos. Los gaseoductos de CO₂ se utilizan desde principios del decenio de 1970, y en la actualidad son el principal medio de transporte del CO₂. Los Estados Unidos, por ejemplo, tienen en la actualidad más de 2500 km de gaseoductos de CO₂, principalmente en Texas, para proyectos de recuperación asistida de petróleo. Los costes son superiores cuando los gaseoductos deben instalarse mar adentro o atravesar zonas sumamente congestionadas, o con montañas o ríos.

El CO₂ también puede transportarse en estado líquido en buques, de manera simi-

lar a la que se utiliza con frecuencia para transportar gas licuado de petróleo. El transporte en camiones cisterna o automotores con tanques aislados es viable desde el punto de vista tecnológico, pero no resulta económico.

3 – Almacenamiento del CO₂. Las formaciones geológicas son la opción de almacenamiento para el CO₂ más viable desde el punto de vista económico y aceptable desde el punto de vista ambiental, particularmente teniendo en cuenta la experiencia ya adquirida en la industria del petróleo y el gas. El CO₂ comprimido puede inyectarse en formaciones rocosas por debajo de la superficie de la

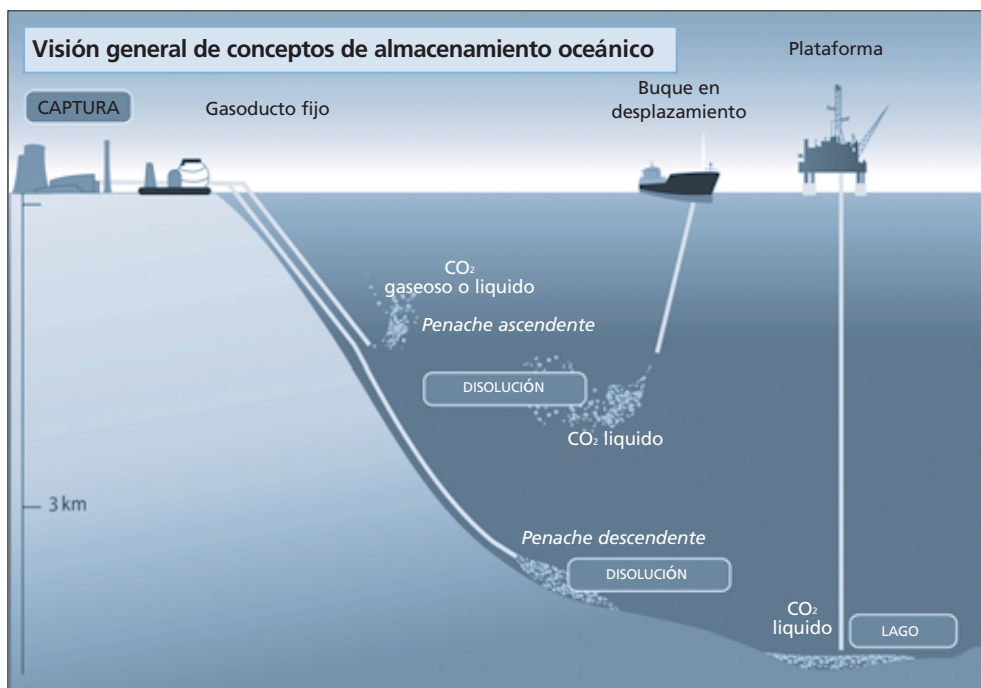


tierra, utilizando muchas de las mismas tecnologías de perforación de pozos y métodos de inspección ya empleados en la industria del petróleo y el gas.

Los tres tipos principales de almacenamiento geológico son los depósitos de petróleo y gas, las formaciones salinas profundas y los estratos carboníferos no extraíbles. Los lugares de almacenamiento pueden generalmente comenzar a una profundidad de 800 m o más baja, donde las presiones y temperaturas imperantes suelen mantener al CO₂ en estado líquido.

Existen posibles formaciones geológicas en todo el planeta, tanto en tierra firme como mar adentro. Las estimaciones del volumen de almacenamiento total disponible varían considerablemente, pero en general indican que existe espacio para decenas de cientos de años de emisiones de CO₂ en los niveles actuales. Además, una gran proporción de las actuales centrales de energía y otras fuentes localizadas se encuentran dentro de los 300 km de zonas que podrían contener depósitos de almacenamiento.

Si bien la capacidad de almacenamiento disponible en los sumideros geológicos



sería "probablemente" suficiente para contribuir a reducciones importantes de las emisiones de CO₂ en el futuro, la cantidad exacta es todavía incierta. Y esto es especialmente incierto en algunas regiones que atraviesan por un rápido crecimiento económico, como Asia meridional y oriental.

Otra forma de almacenar el CO₂ capturado puede ser inyectarlo en los océanos. El CO₂ puede liberarse en la columna de agua oceánica mediante un conducto fijo o un buque en desplazamiento. También puede depositarse en el lecho marino profundo, por debajo de los 3000 m, en que el CO₂ es más denso que el agua. Sin embargo, estas tecnologías todavía están en la fase de investigación, no han superado una prueba de plena escala y podrían tener efectos negativos en el medio oceánico.

Se encuentran también en la fase de investigación tecnologías para almacenar el CO₂ prácticamente de forma permanente, convirtiéndolo en carbonatos minerales inorgánicos mediante reacciones químicas. Se han hecho demostraciones de algunas aplicaciones en pequeña escala. Sin embargo, para esta tecnología se necesitan grandes cantidades de energía y minerales. Podría ser necesario introducir muchas mejoras antes de que ésta se convierta en una verdadera opción.

Por último, le utilización del CO₂ captado para procesos químicos en la industria es posible desde el punto de vista técnico, pero las posibilidades de reducir realmente las emisiones son pocas.

¿Quiénes son los usuarios potenciales?

Los tres componentes principales del sistema de captura y almacenamiento del CO₂ (CCS), es decir: captura, transporte y almacenamiento, ya se aplican por separado. En la actualidad, normalmente se separa el CO₂ para purificar otras corrientes de gases industriales, tales como el gas natural o el amoníaco. Además, a mediados de 2005 hay tres proyectos comerciales que combinan los tres componentes con el fin de limitar las emisiones de CO₂ a la atmósfera (véase recuadro en la página 10).

En el futuro, los principales posibles usuarios del proceso CCS serán las fuentes localizadas de CO₂ estacionarias y grandes. Este grupo no es tan restringido como pudiera parecer: las centrales de energía, las plantas industriales y otras grandes fuentes localizadas representan cerca del 60% de las emisiones mundiales de CO₂ de combustibles fósiles. Las cualidades por las que estas fuentes se

prestarían particularmente a la tecnología mencionada son las siguientes:

- **Gran tamaño.** Actualmente funcionan sistemas para captar el CO₂ para instalaciones de menor escala, y en los próximos años y decenios será necesario proceder a nuevas demostraciones en instalaciones más grandes. Con todo, es obvio que cuanto más grande sea la instalación, mayores serán las economías de escala, y menor será el costo por cada tonelada de CO₂ evitado mediante una

inversión en la tecnología CCS. Las grandes fuentes emisoras de CO₂, candidatas para utilización de la tecnología CCS, están distribuidas por todo el mundo. Sin embargo, hay cuatro regiones dignas de mención: la parte oriental y centrooccidental de América del Norte, Europa noroccidental, la costa oriental de China y Asia meridional. Resulta muy probable que entre ahora y 2050 se asista a

un aumento significativo de las grandes centrales energéticas y plantas industriales en Asia oriental y Asia meridional.

• **Corrientes de CO₂ altamente concentrado.** La captura de CO₂ es más eficaz económicamente cuanto más concentrada sea la corriente de partida. Sin embargo, la gran mayoría de las posibles fuentes producen corrientes con concentraciones de CO₂ inferiores al 15%. Menos del 2% de todas las fuentes industriales basadas en combustibles fósiles tienen concentraciones de CO₂ superiores al 95%. Estas fuentes son las primeras que se prestan a la técnica de CCS, ya que para la captura se necesitarán solamente operaciones de deshidratación y de compresión.

• **Localización cerca del lugar de almacenamiento.** En general, hay potencialmente una buena correlación entre las fuentes principales y los posibles lugares de almacenamiento, ya que muchas fuentes se encuentran directamente por encima o dentro de menos de 300 km de los posibles lugares de depósito.



Los tres primeros proyectos de captura y almacenamiento del carbono

Para evitar un impuesto a las emisiones de CO₂ que se aplica en Noruega a las instalaciones mar adentro, la empresa estatal noruega de gas y petróleo Statoil estableció **el proyecto Sleipner** en el Mar del Norte, a unos 250 km de la línea de costa. Se separa el CO₂ contenido en el gas natural que fluye del campo petrolífero occidental de Sleipner, que tiene una concentración del 9%. A continuación se inyecta el CO₂ en una amplia y profunda formación salina situada a unos 800 m por debajo del lecho del mar.

La operación de inyección de CO₂ comenzó en octubre de 1996. Para principios de 2005, se habían inyectado más de 7 millones de toneladas métricas de CO₂ a un ritmo de aproximadamente 2.700 toneladas por día. Se prevé que el proyecto permita almacenar un total de 20 millones de toneladas de CO₂ durante su período de vida útil.

El proyecto Weyburn de recuperación mejorada del petróleo con CO₂ está localizado en la cuenca de Williston, una estructura geológica que se extiende desde la parte sur del Canadá central, hacia los Estados Unidos. El CO₂ proviene de la empresa de gasificación Dakota, situada aproximadamente a 325 km al sur de Weyburn, en el estado de Dakota del Norte, de los Estados Unidos. La instalación gasifica carbón para fabricar gas de síntesis, y genera una corriente relativamente pura de CO₂ como subproducto. Esta corriente de CO₂ se deshidrata, se comprime y se encamina por conductos hacia el Canadá, para su utilización en el campo

petrolífero de Weyburn, donde se inyecta para ayudar en la extracción de petróleo.

El proyecto Weyburn está concebido para utilizar CO₂ durante 15 años y mantenerlo almacenado de forma segura ulteriormente. La intensa vigilancia del lugar de almacenamiento se basa en encuestas sísmicas de alta resolución y vigilancia de la superficie. Hasta la fecha, no ha habido indicaciones de fugas de CO₂ a la superficie o el entorno cerca de la superficie.

El proyecto de gas In Salah, en la región del Sahara central de Argelia, es una empresa conjunta entre Sonatrach, British Petroleum y Statoil. El campo de Krechba en In Salah produce gas natural que contiene hasta un 10% de CO₂ procedente de varios yacimientos geológicos. El gas se entrega a los mercados europeos después de haber sido procesado, y el CO₂ se quita para atender a las especificaciones comerciales.

Desde abril de 2004, se ha reinyectado CO₂ por medio de tres pozos en un sumidero de arenisca, a una profundidad de 1800 m. Durante la vida del proyecto se almacenarán geológicamente unas 17 millones de toneladas métricas de CO₂. Se prevé que el CO₂ inyectado migre con el tiempo a la zona del actual campo de gas, una vez que la zona de gas se haya agotado. Se han trazado mapas del campo utilizando datos sísmicos 3D y otros.

¿Cuáles son los posibles beneficios?

Para los encargados de la formulación de políticas que hacen frente al complejo y enorme desafío de reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero, las tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂ (CCS) ofrece dos posibles beneficios. En primer lugar, puede ampliar su cartera de opciones, darles más flexibilidad y más oportunidades. En segundo lugar, puede ayudarles a reducir los costos generales de mitigación.

Una serie de estudios basados en proyecciones indica que la utilización de la CCS junto con otras opciones tecnológicas (como aumento de la eficiencia de la conversión de energía, sustituyéndola por combustibles con un menor coeficiente de carbono y la utilización de más fuentes de energías renovables) podría reducir considerablemente el costo de estabilización de las

concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono.

Estos estudios determinaron que, en los próximos 100 años, la CCS podría disminuir el costo de la mitigación del cambio climático en un 30% o más. También llegaron a la conclusión de que los sistemas basados en captura y almacenamiento del CO₂ serán competitivos con otras tecnologías de gran escala, tales como las tecnologías basadas en la energía nuclear y las energías renovables.

Otro atractivo de la CCS es que puede completar y facilitar el despliegue de otras tecnologías posiblemente importantes que podrían reducir las emisiones de CO₂ a largo plazo. Entre éstas pueden mencionarse las instalaciones que, empleando poco o ningún carbono, producen hidrógeno a partir de combustibles carbonosos para el sector del

transporte, y los sistemas de energía de biomasa a gran escala, que dotados con la técnica de captura y almacenamiento de CO₂, pueden de hecho llegar a "emisiones de CO₂ negativas", desde el momento en que la biomasa creada de formas sostenible elimina CO₂ de la atmósfera.

Debido a la competitividad de sus costes y a la cantidad probable de capacidad de almacenamiento, el almacenamiento geológico con utilización de la tecnología CCS podría hacerse cargo de una alta proporción (del 15 al 55%) de todas las reducciones de emisiones necesarias entre ahora y el 2100 para la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Ello equivaldría de 220 a 2.200 millones de toneladas de CO₂ (Gt).

Para los propietarios y operadores de centrales térmicas de potencia y plantas industriales, las tecnologías basadas en la captura y almacenamiento del carbono podrían un día ofrecer un instrumento eficaz y competitivo para limitar sus emisiones. Sin embargo, a menos que los gobiernos adopten políticas nacionales sobre cambio climático que asignen un costo a las emisiones de CO₂, no habrá ningún incentivo para que los operadores privados utilicen estas tecnologías de mitigación. Todos los estudios indican que es muy poco probable que los sistemas basados en CCS (y muchas otras

medidas de mitigación) se utilicen a gran escala, a menos que haya políticas explícitas para limitar sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin este incentivo, esta tecnología sólo ofrecerá oportunidades de nicho.

¿Cuáles son los costes?

El informe del IPCC determina que las estimaciones para los costes actuales y futuros de la captura y almacenamiento del carbono son bastante inciertas. Normalmente el componente de costos más importante es el costo de la captura y compresión. Este y otros costos dependerán no solamente del sistema particular que se utilice (incluido el tipo de almacenamiento y la distancia de transporte), sino de variables como el diseño, el funcionamiento, la financiación, el tamaño y la localización de la planta, y el tipo y el coste de combustible.

En las condiciones actuales, la producción de electricidad cuesta cerca de 0,04 dólares-0,06/Kwh. (kilovatio por hora). La adopción de las tecnologías actuales de captura y almacenamiento de CO₂ elevaría este costo en una cantidad estimada de entre 0,01 y 0,05 dólar/Kwh. Este

coste se reduciría en unos 0,01 a 0,02 dólares/Kwh si los ingresos de la recuperación mejorada del petróleo compensaran parcialmente los costos de captura y almacenamiento del CO₂.

Cuando la CCS se compara con otras opciones técnicas para reducir las emisiones de CO₂, se debe tomar en cuenta el 10 al 40% de energía adicional que exige ese sistema para producir la misma cantidad de electricidad. Los costos de los sistemas de captura y almacenamiento del carbono por tonelada de CO₂ evitado pueden ser muy diversos. Una parte importante del potencial tecnológico total de esta tecnología estaría disponible a costes superiores a las de otras opciones para mejorar la eficiencia de energía, pero serían inferiores a los de las mayorías de opciones basadas en energía solar.

Cuando se planifique la construcción de una nueva planta, el cálculo de las consecuencias de la adopción CCS en términos de costes podría influir en el tipo de planta que se escoja. La CCS puede aplicarse a las tecnologías para generación de potencia, tales como ciclo combinado de carbón pulverizado o gas natural. Sin embargo, los costos adicionales serán inferiores cuando la CAC se integre en nuevas tecnologías tales como los ciclos de gasificación integral en ciclo combinado (GICC) y las instalaciones de producción de hidrógeno por pre-combustión. Si bien la mayor parte de las instalaciones actuales podrían reacondicionarse para dar cabida a los sistemas CCS, los costos serían considerablemente mayores que los de nuevas plantas con esa tecnología.

Los costos futuros de la captura y almacenamiento del carbono podrían disminuir a medida que avance la tecnología y que se obtengan economías de escala, tal vez en un 20 a 30% durante el próximo decenio. Por otra parte, el incremento gradual de los precios de los combustibles fósiles podría impulsar el aumento de los costos de la CCS.

Los costos para aplicaciones de CCS no basadas en la producción de electricidad podrían ser inferiores que los de las centrales de electricidad. Para las plantas de biomasa con captura y alma-

cenamiento de carbono, los costos serían relativamente elevados habida cuenta de su pequeño tamaño en la actualidad.

¿Cuáles son los riesgos y obstáculos?

Además de las cuestiones tecnológicas y de costes, el uso de la tecnología de captura y almacenamiento del CO₂ requiere de la consideración de los posibles riesgos sobre la salud, la seguridad y el medio ambiente, así como de los aspectos jurídicos y de percepción del público. Los principales obstáculos y riesgos que deberían abordarse son:

- **Fugas durante la captura, transporte y almacenamiento.** Las fugas locales repentinas de CO₂ de las instalaciones de captura o conductos podrían plantear posibles riesgos para los trabajadores y otras personas del vecindario, similares a los que se plantean en la industria del petróleo y el gas y con los gasoductos. La exposición al aire que contenga concentraciones de CO₂ superiores al 7- 10% plantea un peligro inmediato para la vida y la salud humana. Sin embargo, la probabilidad de que ello ocurra es baja.

Hay también riesgo de fuga de CO₂ del depósito geológico. Además de contribuir al cambio climático, las fugas lentas pueden causar daños a las plantas y los animales. Sin embargo, la probabilidad de esas fugas sería baja en la medida en que los sumideros se seleccionen cuidadosamente y se utilicen las mejores tecnologías disponibles. En el plano mundial, es probable que las formaciones geológicas bien seleccionadas retengan más del 99 % del material almacenado durante un período de 1000 años. En general, los riesgos de almacenamiento de CO₂ son compara-

bles a los que se plantean en operaciones industriales similares tales como el almacenamiento subterráneo de gas natural y la recuperación mejorada de petróleo.

- **Impactos ambientales del almacenamiento oceánico.** La inyección de dióxido de carbono en los océanos puede dañar la vida marina. Aunque las repercusiones

ambientales a largo plazo que resulten de cambiar la química del océano no son claras, la inyección de CO₂ en gran escala podría acidificar localmente los océanos y afectar negativamente los organismos y ecosistemas marinos.

• **Falta de claridad jurídica y reglamentaria.** Persiste la incertidumbre acerca de la legalidad de inyectar CO₂ dentro o por debajo de los océanos del mundo; esta cuestión se está considerando activamente en varios tratados internacionales. La Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto también deberán establecer normas y procedimientos de rendición de cuentas para los sistemas CCS. En el plano nacional, pocos países han establecido marcos jurídicos o reglamentarios que aborden el aspecto de los emplazamientos de almacenamiento geológico. Entre las posibles cuestiones jurídicas pueden mencionarse la responsabilidad en el caso de accidente o fuga y los derechos de propiedad de los propietarios de la tierra situada por encima de los emplazamiento de almacenamiento geológico.

• **Escepticismo del público.** En la actualidad, el público en general no está bien informado sobre la captura y el almacenamiento del carbono. Los pocos estudios llevados a cabo hasta la fecha indican que esta tecnología puede ser percibida de manera menos favorable que otras opciones, tales como el mejoramiento de la eficiencia de la energía o la adopción de energías renovables. No está claro cómo res-

pondería el público a una mejor información sobre esta opción, frente a otras opciones para reducir las emisiones y frente a los desafíos más generales del cambio climático.

Conclusión:

¿Tiene futuro la captura y el almacenamiento del carbono?

El informe del IPCC llega a la conclusión de que la CCS puede desempeñar una función importante en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el siglo en curso. Con todo, antes de que pueda desplegarse la tecnología en gran escala es necesario resolver una serie de cuestiones.

En primer lugar, es necesario que la tecnología madure más. Si bien cada uno de los componentes de la captura y el almacenamiento del carbono están bastante desarrollados, deben todavía integrarse en proyectos en plena escala en el sector eléctrico. Tales proyectos demostrarían si la tecnología funciona cuando se la aplica a plena escala y se aumentan los conocimientos y la experiencia en las técnicas de CCS. Se necesitan más estudios para analizar y reducir los costes y estimar la posible capacidad de los sitios de almacenamiento adaptados, en particular

en las zonas en que actualmente se dispone de escasos datos.

Es también necesario seguir desarrollando el entorno jurídico y reglamentario correcto. Ello debería incluir métodos convenidos para estimar y presentar informes sobre la cantidad de CO₂ evitado mediante la técnica de captura y almacenamiento del CO₂, así como las cantidades que podrían perderse por fugas con el tiempo. La técnica de CCS será examinada en la próxima revisión de las directrices que

ha desarrollado el IPCC para ayudar a los países en la elaboración de los inventarios de los gases de efecto invernadero que exige la Convención.

Una cuestión particularmente crítica sigue siendo la de los incentivos. Es probable que los sistemas de captura y almacenamiento del CO₂ sólo sean adoptados de forma generalizada

para la generación de energía (sector en el cual ofrece con creces las máximas posibilidades) cuando el precio de emisión de una tonelada de CO₂ exceda de 25 a 30 dólares (en dólares de 2002) durante el período de vida útil del proyecto. El precio sobre la emisión de CO₂ sólo puede derivar de las políticas nacionales para la limitación de las emisiones de CO₂.

En los países en desarrollo, que no se han fijado metas cuantificadas para la reducción de emisiones en virtud del Protocolo de Kyoto, se podría introducir la tecnología CCS mediante proyectos bilaterales, tales como la nueva iniciativa de la Unión Europea y China de construir una instalación de captura y almacenamiento del CO₂. También podría hacerse a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), si se considerase esta técnica como elegible. Una vez más, deberán elaborarse normas de rendición de cuentas para calcular y contabilizar las reducciones conseguidas con esta técnica en relación con los proyectos, y establecer los incentivos necesarios.

Si se reúnen todas estas diversas condiciones, los sistemas CCS podían desplegarse a gran escala en el sector de la energía dentro de las próximas décadas, desde el inicio de cualquier régimen significativo que imponga límites a las emisiones de gases de efecto invernadero. Para materializar las posibilidades económicas de la tecnología, serían necesarios varios cientos o incluso miles de sistemas de este tipo en todo el mundo.

Atendiendo a la mayor parte de los escenarios para estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO₂ para el año 2100, se construirían una cantidad significativa de sistemas CCS en la primera mitad de este siglo, pero la mayoría se construiría en la segunda. El consenso que surge de la bibliografía muestra que las técnicas de captura y almacenamiento del CO₂ podría ser un componente importante de la cartera general de políticas y tecnologías que serán necesarias para abordar de forma satisfactoria y con el costo mínimo el problema del cambio climático.

**Para más información
consulte:
www.ipcc.ch**

**El Programme de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente**

11-13, chemin des Anémones

CH-1219, Châtelaine, Ginebra, Suiza

E-mail: iuc@unep.ch - web: www.unep.org/dec