

# Captura y almacenaje del carbono en un mecanismo de desarrollo limpio

Este texto es traducción y resumen del documento preparado por la OECD y el secretariado de la IEA en otoño de 2007 como respuesta al Anexo I del Grupo Experto, contenido en el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). El documento ha sido elaborado por Cédric Filibert (IEA), Jane Ellis (OECD) y Jacek Podkanski (IEA).

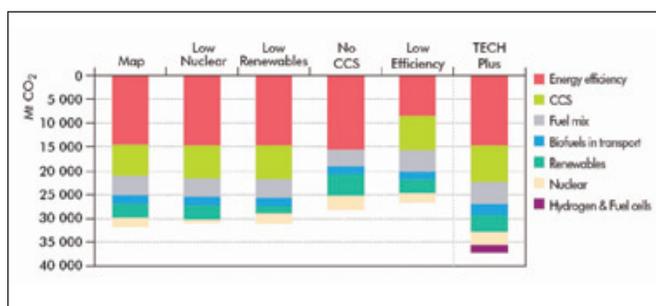
Extractado y traducido por Ignacio Fernández de Aguirre

## 1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas para captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CCS) están cada vez más reconocidas por su capacidad para aportar una importante contribución en mitigar las emisiones de gas de efecto invernadero en las próximas décadas. Por ejemplo, la IEA (2006) expone que en 2050 la importancia de la CCS como tecnología de reducción de emisiones puede situarse la segunda tras las mejoras en la eficiencia energética, como se muestra en la figura 1 (la segunda franja en el escenario). A la inversa, la ausencia de CCS como medida de reducción podría significar un 21% más en las emisiones globales.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC-2005), en su informe especial sobre la CCS, consideraba que su potencial debería suponer entre el 15% y el 55% del esfuerzo global de mitigación mundial para conseguir el 2100 una estabilización de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero entre 450 y 750 ppm de media según el escenario considerado.

Aunque este potencial puede aplicarse en todos los países, se sugiere que la CCS debería en el 2050 aplicarse masivamente en los países en desarrollo. Estos países con importantes recursos en carbón, petróleo o gas incrementarán sus emisiones en las últimas décadas por la aportación de CO<sub>2</sub>, a pesar de los avances en eficiencia energética y el desarrollo de fuentes sin carbono. Ello dependerá de forma notable de los incentivos que se les aporten, ya que suponen un consumo suplementario de energía y costos que no obtienen más beneficios que la mitigación del cambio climático



Fuente: IEA-2006

Figura 1: Reducciones globales en las emisiones de CO<sub>2</sub> por factores que contribuyen a ello en diferentes escenarios (bajo perspectiva del 2050). Los cinco primeros utilizando diferentes tecnologías intensivas disponibles, con Map en su empleo general, y el sexto TECHplus llevando todas ellas a su mayor potencial y agregando el uso del hidrógeno y pilas de combustible.

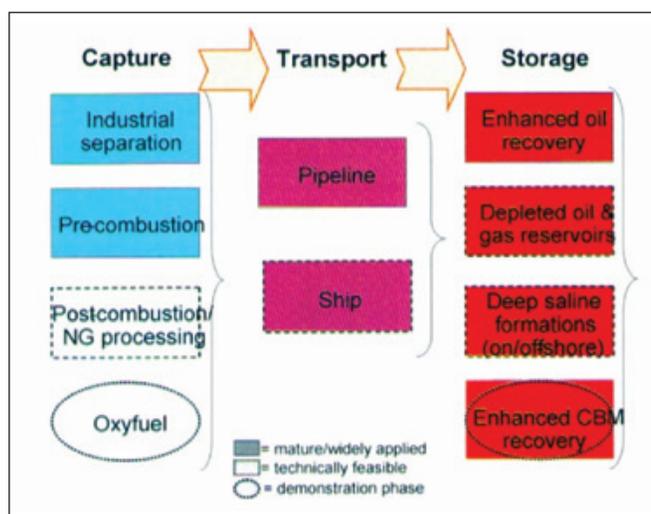
## 2. CONTEXTO

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se producen por una amplia variedad de fuentes relacionadas con la combustión y procesos industriales. Los de emisión muy elevada, como plantas de energía, refinerías o cementeras, pueden ser capturadas, transportadas y almacenadas por diferentes medios (Figura 2). Las tecnologías utilizadas en cada fase de la cadena de captura y almacenaje están en diferentes grados de desarrollo. Varias están asentadas y ampliamente aplicadas; algunas son económicamente viables en ciertas condiciones, mientras que otras están en fase de comprobación. Los proyectos geológicos de CCS pueden incorporar diferentes combinaciones de tecnologías de captura, transporte y almacenaje.

### 2.1. TECNOLOGÍAS DE CAPTURA, TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE DIÓXIDO DE CARBONO.

La captura de CO<sub>2</sub> ya se utiliza en algunas actividades energéticas e industriales. Por ejemplo, se hace rutinariamente en industrias donde resulta ser producto para un proceso de fabricación (como la producción de urea). El CO<sub>2</sub> debe ser eliminado del gas natural durante su extracción en los yacimientos de contenido significativo. También se origina en refinerías y plantas de amoníaco o hidrógeno.

La separación del CO<sub>2</sub> en **pre-combustión** se practica durante la combustión parcial de combustibles fósiles, aplicada



Fuente: Información IPCC-2005

Figura 2. Variantes para la captura, transporte y almacenaje de CO<sub>2</sub> (NG = Gas Natural / CBM = Metano en Yacimiento de Carbón)

## A menos que se incentive el almacenaje de CO<sub>2</sub>, no existe virtualmente ningún aliciente para el despliegue de estas tecnologías

por ejemplo en la producción de hidrógeno o combustibles ricos en hidrógeno. La generación eléctrica por plantas de Ciclo Combinado de Gasificación Integrada (IGCC) también requiere una separación del CO<sub>2</sub> en pre-combustión.

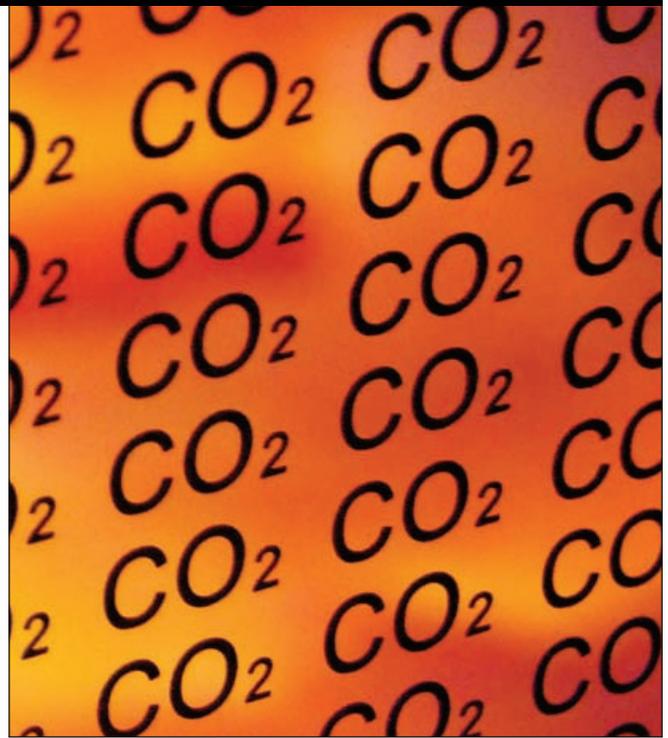
La captura de CO<sub>2</sub> en los gases de **post-combustión** también es posible por absorción o por tratamiento de los mismos. Puede utilizarse en las centrales de generación eléctrica, siendo realmente la única opción posible en las ya existentes, aunque consume considerable energía y ello supone una reducción de su producción.

La combustión **oxi-fuel** se refiere a una tecnología en desarrollo en la que el combustible se quema en oxígeno y gases de recirculación en vez de aire que contiene principalmente nitrógeno. De esa forma, los gases emitidos contienen solamente CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, de los que el agua es fácilmente condensable, obteniendo un gas con predominio del CO<sub>2</sub>.

El transporte de CO<sub>2</sub> puede hacerse por tubería o buques, siendo ya usuales ambos métodos. Por tubería circula habitualmente comprimido en forma gaseosa, mientras que en los buques es más frecuente que lo sea licuado pues ocupa menos volumen, como rutinariamente se efectúa con el LPG o el LNG.

También hay distintos medios en los que el CO<sub>2</sub> pueda ser almacenado. En ellos se incluyen diferentes tipos de formaciones geológicas como yacimientos de petróleo o gas (en explotación o agotados), formaciones salinas o vetas carboníferas (extraíbles o no). La experiencia en el almacenaje de CO<sub>2</sub> en estos tipos de formaciones es muy diversa. Por ejemplo, el mayor proyecto hasta la fecha, el llamado Sleipner lo hace en una formación salina. Hay otros proyectos, piloto y comerciales, en marcha para inyectar CO<sub>2</sub> en yacimientos agotados de gas y minas de carbón.

El CO<sub>2</sub> se reinyecta a diferentes yacimientos de petróleo para incrementar la velocidad y cantidad de crudo extraído. Esta actividad puede utilizar para ese fin otros fluidos, como agua o vapor, pero los proyectos basados en CO<sub>2</sub> utilizan actualmente unos 40 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, de las que 30 proceden de las mismas fuentes subterráneas naturales y otras 10 es aportada por plantas industriales. El uso de CO<sub>2</sub> para la recuperación incrementada de petróleo puede facilitar a corto plazo una oportunidad para adquirir experiencia en el almacenaje, pero necesita hacerse en el período adecuado de la vida de cada yacimiento y la recuperación de metano en vetas carboníferas está en fase de desarrollo.



### 2.2. IMPLICACIONES DE LAS PÉRDIDAS Y DE RESPONSABILIDAD

El riesgo de pérdidas del dióxido de carbono almacenado en formaciones subterráneas varía dependiendo de su geología. Cuando se inyecta como operativo para la recuperación intensiva de petróleo, una parte retorna con el petróleo que ayuda a recuperar. Usualmente se le separa y reinyecta pero una fracción permanece en el combustible y aunque este método busca maximizar la producción de petróleo y no almacenar CO<sub>2</sub>, los futuros proyectos podrán gestionarse de diferente forma para maximizar el almacenamiento.

En otros tipos de almacenaje, filtraciones y pérdidas son más probables si las formaciones se extienden junto a líneas de fallas y/o contienen potenciales “vías de escape” como pozos abandonados. Sin embargo el riesgo de pérdidas es mínimo si se planifica cuidadosamente. Se estima que en depósitos geológicos adecuadamente seleccionados y gestionados, más del 99% del CO<sub>2</sub> inyectado es *muy probable*<sup>1</sup> que permanezca en ese lugar los primeros 100 años de almacenamiento y *probablemente*<sup>1</sup> más de 1.000 años.

Dado que, sin embargo, puede haber escapes, es importante determinar la responsabilidad de cualquier suceso y la

<sup>1)</sup> Según el informe IPCC WGI, *muy probable* corresponde a probabilidades entre 90 y 99%, y *probable* entre 66 y 90%.

En la práctica, la importancia de los proyectos de CCS será significativamente menor que su potencial tecnológico, sobre todo si los precios internacionales del carbón son bajos, ya que generalmente solo se llevan a cabo proyectos cuyo costo incremental sea pequeño con relación a los beneficios operacionales, como los aplicados en la recuperación intensiva de petróleo o en los que el CO<sub>2</sub> está ya listo para capturar.

reposición de los incentivos asociados con las emisiones; aunque los riesgos sean pequeños, los problemas de responsabilidad son importantes a corto plazo (por ejemplo para los incentivos de desarrollo limpio) y a largo plazo (con vistas a cientos o miles de años). Y más aun si el CO<sub>2</sub> se almacena en depósitos que cruzan fronteras o se extienden bajo aguas internacionales.

### 2.3. COSTO Y POTENCIAL DE LA CCS.

A menos que se incentive el almacenaje de CO<sub>2</sub>, no existe virtualmente ningún aliciente para el despliegue de estas tecnologías – excepto quizá en el caso de algunos proyectos para incrementar la recuperación de petróleo. Los costos varían considerablemente según los casos, dependiendo del tipo de tecnología de captura, de transporte y del almacenaje geográfico utilizado, de la profundidad del mismo así como de si la separación se efectúa por rutina o no, de la pureza exigida para el CO<sub>2</sub> o si se aplica a un sistema ya existente o nuevo.

Hay un gran potencial técnico para las actividades de la CCS en países en desarrollo. Algunas de estas actividades podrían efectuarse integradas en el proceso normal del negocio (como la recuperación intensa de petróleo), aunque en otros no lo sería (como la reforma de centrales energéticas para incluir la captura de CO<sub>2</sub>). A corto plazo, aparte de la ya citada recuperación de petróleo, este potencial se dirigiría a los

procesos en que ya se debe separar de otros materiales como refinerías, plantas de amoníaco, de hidrógeno o yacimientos de gas natural<sup>2</sup>.

De llevarse a efecto en todas las actividades, el potencial de captura de CO<sub>2</sub> para esos países es considerable: 9.300 millones de toneladas anuales el 2020. Sin embargo a corto plazo es mucho menor, unas 584 toneladas anuales el 2012, y teniendo en cuenta las inversiones requeridas y el tiempo de desarrollo de los proyectos, es probable que sea aun menor, sobre todo para el 2012. La estimación del 2020 considera además que la captura se haría en todas las fuentes importantes



<sup>(2)</sup> La mayoría de las reservas de gas natural contienen entre el 1 y el 10% CO<sub>2</sub>, asumiendo para los cálculos una media del 7% y considerando que al comercializarlo debe situarse por debajo del 2%. Ello supone que si la extracción anual está alrededor de 20.000 millones de metros cúbicos por año, podrían capturarse y almacenarse al menos 90 millones de toneladas anuales en el subsuelo



de emisión y que las tecnologías de captura en pre- y post-combustión están disponibles para el 2020.

#### 2.4. POTENCIAL IMPACTO DE LA CCS EN EL PROCESO DE DESARROLLO LIMPIO

El potencial de la CCS podría teóricamente ser muy significativo ya que, con solo aplicar desde este momento los desarrollos actuales, duplicaría los objetivos de reducción de emisiones y si los medios de pre- y post-combustión se llegasen a utilizar ampliamente, llegaría a ser en teoría, el medio dominante.

Sin embargo, en la práctica, la importancia de los proyectos de CCS será significativamente menor que su potencial tecnológico, sobre todo si los precios internacionales del carbón son bajos, ya que generalmente solo se llevan a cabo proyectos cuyo costo incremental sea pequeño con relación a los beneficios operacionales, como los aplicados en la recuperación intensiva de petróleo o en los que el CO<sub>2</sub> está ya listo para capturar.

Otros proyectos, como la mayoría de captura de CO<sub>2</sub> en plantas de generación eléctrica, solo serían posibles si los precios del carbón fueran altos y los requisitos nacionales o internacionales para las emisiones fueran suficientemente rigurosos. Además, los proyectos de CCS necesitan un considerable tiempo de implantación, y lo mismo la planificación de sus ubicaciones e implantación de infraestructura, como las tuberías de transporte.

Por eso, dada la diferencia entre el potencial teórico y el práctico de la CCS, no se deben marginar otros tipos de mecanismos de desarrollo limpio, implantando proyectos más

**En términos generales, si la formación se escoge adecuadamente, no hay razones para dudar de la capacidad del subsuelo para retener el CO<sub>2</sub> por muy largos períodos.**

sencillos, como los de pequeña escala correspondientes a energías renovables y a eficiencia energética. También podría ser útil diseñar un sistema de incentivos que anime al desarrollo limpio o que lo complemente en la mitigación del cambio climático a partir del 2012.

### 3. PÉRDIDAS Y ESTABILIDAD

De acuerdo con el Protocolo de Kyoto, los proyectos para un mecanismo de desarrollo limpio deben redundar en reducciones de emisión que sean “reales, medibles y durables”. En el ámbito de la CCS esto solo será posible si el CO<sub>2</sub> inyectado no es re-emitido.

#### 3.1. ALMACENAJE

Los depósitos geológicos potenciales para almacenaje de CO<sub>2</sub> son formaciones porosas de rocas que hayan contenido

**Los depósitos geológicos de almacenamiento potenciales se extienden con frecuencia en áreas muy grandes.**



**Durante la ejecución de un proyecto, se aseguraría por el contratista la responsabilidad global por pérdidas, pero esto no garantiza un marco correcto sobre soluciones para la ubicación y es una opción más lógica la de involucrar a todos los participantes en el proyecto.**

fluidos como salmuera (sales diversas disueltas), petróleo o gas. La profundidad mínima de almacenaje es de uno 800 m para asegurar que el gas inyectado permanezca en estado supercrítico.

Los cinco mecanismos básicos en estos depósitos pueden ser primarios, incluyendo (1) el secuestro estratigráfico bajo una cubierta rocosa que estanca la formación o (2) en fracturas, pliegues y cavidades varias, y secundarios como (3) disolución en agua presente en el subsuelo, (4) disperso en formaciones porosas por capilaridad y (4) químicamente reaccionado con las rocas. Progresivamente, los mecanismos secundarios jugarán un papel más importante disminuyendo los riesgos de filtraciones y los requisitos de vigilancia.

### 3.2. PÉRDIDAS

Por las razones citadas, es preciso considerar las pérdidas potenciales que pueden producirse durante la cadena de separación, captura, transporte y almacenaje. El riesgo mayor existe durante la fase de inyección y algunas décadas posteriormente, por lo que el seguimiento de la inyección proporciona información sobre escapes de CO<sub>2</sub> (indicando

potencial fuente de pérdidas como por fallo o pozo), mientras que el posterior aporta conocimiento sobre su comportamiento y permite la verificación del modelo.

Las causas de pérdidas varían dependiendo del tipo de formación geológica. En el caso de formaciones salinas, la filtración puede originarse por insuficiente información previa sobre la cubierta rocosa y en los yacimientos de petróleo o gas por fallos en los pozos debido al deterioro del cemento de aislamiento o por corrosión de sus componentes.

En términos generales, si la formación se escoge adecuadamente, no hay razones para dudar de la capacidad del subsuelo para retener el CO<sub>2</sub> por muy largos períodos. Los yacimientos naturales de ese gas indican que en condiciones favorables puede estar retenido durante millones de años. Actualmente, más de 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico se inyectan cada año en los tres proyectos mayores: Sleipner en Noruega, Weyburn en Canadá e In Salah en Argelia, y no se han detectado filtraciones de ninguno de ellos.

Todos los procesos de extracción intensiva de hidrocarburos conllevan un almacenaje permanente de CO<sub>2</sub>. Aunque más del 50% del gas inyectado retorna con el petróleo producido, habitualmente es separado y reinyectado para reducir el costo operativo. Por ejemplo en el proyecto Rangely en Colorado (USA), del total de 2,97 millones de toneladas inyectadas en el yacimiento, se reciclan aproximadamente 2,29 y la liberación superficial está bajo las 170 toneladas, que supone un porcentaje del 0,00076% del total almacenado.

### 3.3. SEGUIMIENTO

Como las pérdidas de un almacenaje de CO<sub>2</sub> pueden acaecer sobre todo por fallas y pozos, el seguimiento del mismo debe incluir estos componentes, tanto en zonas sub-superficiales como sobre el terreno, en áreas relativamente reducidas correspondientes a esas fallas y pozos, permitiendo fácil detección y remedio. En estos casos, las pérdidas serían probablemente lentas y facilitarían soluciones como reducir la presión de la inyección o del recinto, sellar los pozos dañados y, en caso extremo vaciar el recinto reinyectando el gas en otras ubicaciones.

Las pérdidas físicas a largo plazo son improbables si las ubicaciones son cuidadosamente seleccionadas y apropiadamente gestionadas, incluyendo medios de reacción cuando esa gestión se efectúa durante la fase de inyección y algunas décadas posteriormente. Sin embargo, el almacenaje



aun de menor duración, pocos cientos de años, puede ser útil para reducir las puntas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera al final de la era de los combustibles fósiles. Con filtraciones anuales menores del 0,01% de las cantidades geológicamente almacenadas, sería muy efectivo para mitigar el efecto invernadero. Ese nivel de pérdidas asegura que en un siglo persistirá secuestrado el 90% del CO<sub>2</sub> inyectado.

#### 4. CONCLUSIONES

La captura y almacenaje de dióxido de carbono (CCS) es un medio potencialmente prometedor para ajustar las emisiones mundiales de gas de efecto invernadero pues las formaciones geológicas pueden almacenar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> con seguridad a lo largo de miles de años. No pueden excluirse reemisiones, aunque su riesgo es improbable que sea significativo si las ubicaciones de almacenamiento se eligen con cuidado y son bien gestionadas.

##### *Potencial*

El CCS puede ayudar a mitigar estas emisiones, particularmente en los países en desarrollo, que probablemente incrementarán el empleo de combustibles fósiles durante las próximas décadas. Sin embargo esos proyectos, salvo quizá para actividades de recuperación intensiva de hidrocarburos, es difícil que se aborden sin incentivos financieros o de otros tipos. Su larga duración de desarrollo puede también frenarlos, prefiriéndose otras vías de reducción menores a corto plazo.

##### *Pérdidas, estabilidad y límites de proyecto*

En alguno de los proyectos de CCS son probables las reemisiones de CO<sub>2</sub> a corto plazo, como en los de recuperación intensiva de hidrocarburos donde el gas inyectado sale mezclado con el petróleo o el gas natural recuperados. Estas reemisiones deben ser separadas y recicladas.

Los depósitos geológicos de almacenamiento potenciales se extienden con frecuencia en áreas muy grandes. La definición previa de los límites del proyecto debe asegurar que cualquier filtración es debidamente seguida y considerada emisión del mismo. Tanto la buena elección de la ubicación y el apropiado seguimiento y gestión durante y después de la inyección son requisitos clave y su verificación debe ser parte del proceso de aprobación. Para abordar un mecanismo de desarrollo limpio se necesitarán incentivos adecuados para asegurar que los participantes en el proyecto gestionen el almacenaje varias décadas una vez finalizada la inyección y apliquen las soluciones adecuadas si se detectan pérdidas.

##### *Problemas de responsabilidad*

Durante la ejecución de un proyecto, se aseguraría por el contratista la responsabilidad global por pérdidas, pero esto no garantiza un marco correcto sobre soluciones para la ubicación y es una opción más lógica la de involucrar a todos los participantes en el proyecto. Como el período de seguimiento puede extenderse más allá del de garantía, habría que establecer alguna forma de seguro que cubriese las responsabilidades por un tiempo determinado, aun si los

participantes hubieran desaparecido e incluso establecer una supervisión por entes asignados. A largo plazo, la fiabilidad podría recaer en el gobierno del país anfitrión del depósito, que es el mejor situado para prevenir pérdidas debidas a acciones antropogénicas que dañasen el depósito

Los tipos de proyecto con mayor riesgo, como los de metano en vetas carboníferas, y los de responsabilidad más compleja deberían ser examinados caso a caso. La diversidad de situaciones complejas y la escasez de estas situaciones no pueden detener los esfuerzos para desarrollar un marco para definir las responsabilidades.

##### *Fugas*

Se daría el caso de fuga si del proyecto se originan emisiones fuera de los límites del mismo. Este problema ha sido planteado particularmente cuando se utiliza para incrementar la producción de hidrocarburos. En el caso del petróleo hay muy poca evidencia de haberse originado fugas. Sin embargo, esta posibilidad debe ser analizada caso a caso como base para otras operaciones de recuperación intensiva de hidrocarburos.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Benson, Sally M., 2006: *Monitoring Carbon Dioxide Sequestration in Deep geological Formations for Inventory Verification and Carbon Credits*, Society of Petroleum Engineers 102833
- Benson, Sally M., 2007: *Potential Liability and Mitigation Strategies for CCS*, Presentation at a WRI CCS long-term liability workshop, [http://pdf.wri.org/sally\\_benson\\_ccs\\_june5.pdf](http://pdf.wri.org/sally_benson_ccs_june5.pdf)
- CDM Executive Board, 2006: Recommendation on CO2 capture and storage as CDM project activities based on the review of cases NM0167, NM0168 and SSC\_038, EB 26 Meeting Report, Annex 13
- Cui, Yuan-Sheng (2006) *Potential and major strategies for energy saving and CO2 emission reduction in Chinese cement industry*, <http://www.iea.org/Textbase/work/2006/cement/Cui.pdf>,
- Dooley J.J., RT Dahowski, CL Davidson, MA Wise, N Gupta, SH Kim, EL Malone, 2006. *Carbon Dioxide Capture and Geological Storage*, tbc
- IEA, 2004: *Prospects for CO2 Capture and Storage*, OECD/IEA, Paris
- IEA, 2006: *Energy Technology Perspectives*, OECD/IEA, Paris
- IEA GHG R&D (not dated) *Projects database*, [http://www.CO2captureandstorage.info/project\\_specific.php?project\\_id=26](http://www.CO2captureandstorage.info/project_specific.php?project_id=26)
- IEA GHG R&D, 2006: *IEA GHG R&D CO2 point sources database*, 2006 update
- Haefeli, Suzanne, Martina Bosi and Cédric Philibert, 2004: *Carbon Dioxide Capture and Storage Issues—Accounting and Baselines under the United Nations*

*Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, IEA Information paper, IEA/OECD, Paris, May

- Hawkins, David and George Peridas, 2007, *No Time Like the Present - NDRC's Response to MIT's 'Future of Coal' Report*, NRDC Brief, March, NY, NY

- Hepple, R.P. and S.M. Benson, 2004: *Implications of Surface Seepage on the Effectiveness of Geologic Storage of Carbon Dioxide as a Climate Change Mitigation Strategy: Performance Requirements and the Implications of Surface Seepage*, Environmental Geology paper DI 10.1007:s00254-004-1181-2

- Holloway, S., J.M. Pearce, V.L. Hards, T. Oshumi and J. Gale, 2007: Natural emissions of CO<sub>2</sub> from the geosphere and their bearing on the geological storage of carbon dioxide, *Energy* **32**: 1194-1201

- IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEA GHG), 2007: *ERM – Carbon Dioxide Capture and Storage in the clean development mechanism*, 2007/TR.2, April

- International Energy Agency (IEA), 2007: *Legal Aspects of Storing CO<sub>2</sub> – Update and Recommendations*, IEA/OECD, Paris.

- IPCC, 2005: *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H.C. de Coninck, M. Loos and L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 442 pp.

- IPCC, 2006: *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

- IPIECA, 2007: *Carbon Capture and Geological Storage, Emission Reduction Family, Oil and Natural Gas Industry Guideline for Greenhouse Gas Reduction projects*

- Miguez, José, 2006, *A Brazilian perspective on CCS*, Presentation at a side-event, Bonn, 15 May

- Michaelowa, Axel and Daisuke Hayashi, 2006: *Comments on the consideration of carbon dioxide capture and storage as clean development mechanism project activities*, Hamburg Institute of International Economics, Hamburg, Germany, 13 February

- Philibert, Cédric, 2006: *Technology penetration and capital stock turnover: Lessons from IEA scenario analysis*, IEA/OECD Information Paper, Paris

- Rubin, Edward S., Chao Chen, Anand B. Rao, 2007: Cost and performance of fossil fuel power plants with CO<sub>2</sub> capture and storage, *Energy Policy*, 35: 4444-4454

- UNEP/Risoe, 2007: *CDM/JI Pipeline Analysis and Database*, www.cdmpipeline.org

- UNFCCC, 2006a: *Report on the workshop on carbon dioxide capture and storage as clean development mechanism project activities*, Note by the Secretariat, Conference of the Parties serving as the

Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, Second Session, Nairobi, 15 August, FCCC/KP/CMP/2006/3

- UNFCCC, 2006b: *Further Guidance relating to the clean development mechanism*, Decision 1/CMP.2, Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, Second Session, Nairobi, 17 November, FCCC/KP/CMP/2006/L.8

- Vajjhala, Shalini, Jenny Gode and Asbjørn Torvanger, 2007: *An International Regulatory Framework for Risk Governance of Carbon Capture and Storage*, RFF DP 07-13-REV, Resources for the Future, Washington, D.C., July

- The World Bank 2005. *Gas Flaring Reduction Projects – Framework for CDM Baseline Methodologies*. Global Gas Flaring Reduction report n°6, Washington D.C., April 28.

## ACRÓNIMOS QUE FIGURAN EN EL TEXTO

- OECD = Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). Ver [www.oecd.org](http://www.oecd.org)

- IAE = Internacional Energy Agency (Agencia Internacional de la Energía). Ver [www.iea.org](http://www.iea.org)

- UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). Ver <http://unfccc.int/index.html>

- CDM = Clean Development Mechanism (Proceso de Desarrollo Limpio).

- CCS = Carbon Capture and Storage (Captura y Almacenaje de Carbono)

## NOTA DEL TRADUCTOR

Dada la extensión del documento original, no se ha incluido el capítulo 4 del mismo, que corresponde a la definición de los límites estructurales, físicos o territoriales de los proyectos, de las responsabilidades jurisdiccionales o de las responsabilidades legales que afectan a este tipo de proyectos. Estimamos que, aunque de notable interés, se apartan del enfoque tecnológico que pretendemos para la revista.

Los interesados en ello pueden acudir a la extensa bibliografía citada en el documento y aquí reproducida; una buena parte de la misma es accesible por la web.