

Plataforma Tecnológica
Española del CO₂

Documento de Visión

CO₂

Plataforma

Tecnológica

Española

Plataforma Tecnológica
Española del CO₂

Documento de Visión



Edita: Plataforma Tecnológica Española CO2

www.pteco.es

Ribera de Loira, 60 28042 Madrid

Tel. (+34) 91 213 48 15 / 14 59

Fax (+34) 91 213 48 06

Mayo 2008

Presentación

La Organización de las Naciones Unidas considera que el calentamiento global de la Tierra es inequívoco. De no hacer nada, el cambio climático asociado provocará desequilibrios de gran impacto medio ambiental, económico y social. Por ello, la Unión Europea ha establecido como meta propia contribuir de forma decidida a que la temperatura media global de la Tierra no se incremente en más de dos grados centígrados con respecto a la de los niveles pre-industriales. Ello significa un esfuerzo considerable en reducción de emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, y muy especialmente en reducción de las del CO₂. Para abordar este objetivo global resultan precisas medidas de todo tipo. Sin embargo, a medio y largo plazo, será el desarrollo de nuevas tecnologías el que deberá permitir corregir de manera decidida la tendencia actual y lograr que la actividad humana en su conjunto sea sostenible.

El reto tecnológico es especialmente relevante en relación con el uso de la energía, cuya demanda mundial crecerá de manera importante en las próximas décadas debido, entre otros factores, a la progresiva modernización de los países menos desarrollados del planeta. Ya no sólo se trata de disponer de una energía barata y fiable para todos: debe ser además sostenible. Para ello, se observa que las opciones que puedan aplicarse serán insuficientes por sí mismas y que los objetivos sólo se alcanzarán con el desarrollo en paralelo de todas ellas.

Dentro de las opciones energéticas disponibles, el uso de combustibles fósiles seguirá siendo clave y, consecuentemente, una buena parte del reto tecnológico, quizás la mayor, va a tener que centrarse sin demora en lograr el uso sostenible de estos combustibles. Los países que se dediquen a abordar los desarrollos y la implantación de tecnología para este campo tendrán además la ventaja de abrir nuevos caminos y posibilidades para su industria.

Dos son las líneas de trabajo posibles en relación con los combustibles fósiles. Por una parte, el ahorro y la eficiencia energética hasta donde sea posible. Por otra, y es dónde se sitúa quizás el mayor reto tecnológico, la captura, el transporte y el almacenamiento del CO₂ generado. Ambas líneas son además complementarias. La Plataforma Tecnológica Española del CO₂ surge, en este contexto, como una iniciativa impulsada por las empresas, los centros de investigación, las universidades y la Administración Española para contribuir a que España tenga la posición que le corresponde en estos temas y pueda hacer frente a sus compromisos en el ámbito internacional y a la vez ser capaz de aprovechar para su industria la oportunidad de desarrollo e implantación de tecnología que se abre. El primer documento resultado de esta interesante interacción es la Visión de la Plataforma sobre los retos concretos que deben abordarse y el camino a recorrer. Esperamos que su lectura sea de interés y animamos a todas aquellas personas y grupos que puedan aportar sus conocimientos, disponibilidad y puntos de vista a sumarse a esta importante iniciativa.

Madrid, a 5 de mayo de 2008.

Santiago Sabugal,

Presidente de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Contenidos

Resumen Ejecutivo	7
Introducción	11
El problema del cambio climático	11
Continuidad de los combustibles fósiles	12
Prioridades del sector industrial español: acciones necesarias	15
El escenario español en el año 2005	15
Asegurar el suministro energético de forma sostenible	17
Respuestas al cambio climático	18
Visión de la plataforma tecnológica española del CO₂	25
Estructura de la plataforma	26
Propuestas de acción inmediata	27
Recomendaciones principales. Camino a seguir	29
Investigación, desarrollo e innovación	29
Legislación y normalización	29
Evaluación de la viabilidad tecnológica y ambiental	29
Divulgación y formación.....	29
Referencias	31

Resumen Ejecutivo

Visión de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Contribuir a la mejora de la eficiencia energética y al desarrollo de tecnologías de captura, transporte, almacenamiento y uso del CO₂, y a su implantación en la industria, para que España cumpla sus compromisos de reducción de emisiones.

Incremento de las temperaturas

La Organización de las Naciones Unidas, a través del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), considera en el Informe del Grupo de Trabajo I del Cuarto Informe de Evaluación que el calentamiento global es inequívoco y se debe a la acción humana con una probabilidad superior al noventa por ciento.

La Unión Europea (UE), para prevenir las consecuencias negativas debidas al calentamiento global, considera que la temperatura media global superficial de la Tierra no debería incrementarse más de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales. Para ello, la concentración de CO₂ debería mantenerse muy por debajo de 450 partes por millón en volumen (ppmv).

Demanda creciente de energía y CO₂

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) predice un incremento importante de la demanda en el consumo de energía primaria hasta el año 2030. En el sector de la generación eléctrica se espera que la demanda mundial se duplique, lo que obligará a la instalación de nuevas plantas generadoras hasta una un valor conjunto de 5.000 GW_e de potencia adicional. Este importante incremento en la demanda, junto con otros factores de carácter económico y de seguridad de suministro, supondrá la continuidad de los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) como pieza clave en la escena energética. En España adquiere especial consideración el carbón, pues es la única fuente autóctona relevante de energía primaria en forma de combustible fósil de la que dispone el país.

El uso de los combustibles fósiles lleva acarreada la emisión de CO₂. Es preciso, por lo tanto, compatibilizar el uso de estos recursos con unos niveles adecuados de CO₂ en la atmósfera.

En los dos últimos Informes (3º y 4º) de Evaluación del IPCC se indica que ninguna opción tecnológica propor-

cionará por sí sola todas las reducciones de emisiones necesarias para lograr la estabilización de los Gases de Efecto Invernadero, sino que se necesitará una cartera de medidas de mitigación. Entre las distintas opciones tecnológicas para la reducción de emisiones de CO₂, se reconoce que la contribución a final de siglo de las tecnologías de captura, transporte y almacenamiento del CO₂ (CAC), puede ser tan importante como las relativas al ahorro y eficiencia energética o a las energías renovables. Precisamente son las CAC las que pueden aplicarse a los combustibles fósiles y las que deben permitir compatibilizar el uso de los mismos con los objetivos fijados en relación con el CO₂.

El desarrollo de las CAC tiene en España una importancia prioritaria, por una parte por disponer de carbón autóctono que contribuye de manera esencial a nuestro grado de autoabastecimiento energético, ya de por sí muy bajo, y por otra, por el compromiso global de nuestro país dentro de la Unión Europea y, en términos más generales, con el planeta.

El escenario español

España ha adquirido dos compromisos importantes en el ámbito internacional. Por un lado, con la ratificación del Protocolo de Kioto, debe limitar el aumento de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI). Adicionalmente, debe contribuir de manera solidaria a la reducción del 8% para la Unión Europea. Como consecuencia de ambos compromisos, España debe limitar su crecimiento de emisiones a un 15% sobre el valor del año base (1990) para el período 2008-2012. El reto para España es muy importante, ya que en el año 2005 las emisiones de CO₂ se situaban un 52,2% por encima de las de 1990 y España era el país que más alejado estaba del cumplimiento de los objetivos establecidos. El impacto sobre la economía española por el incumplimiento del Protocolo de Kioto en el año 2010 podría alcanzar los 4.500 millones de euros anuales.

Uno de los mayores pasos dados dentro de la UE para dar solución al problema del cambio climático se dio con

la implantación en 2005 del mercado de derechos de emisión. El mercado de derechos incluye ocho sectores industriales. Conciernen a las plantas de generación eléctrica, refinerías, cemento y cal; refino; siderurgia; vidrio y fritas; tejas, ladrillos, azulejos y baldosas, e industrias del papel y del cartón. En el marco actual únicamente se considera al CO₂ como gas participante, puesto que contribuye con el 80% de las emisiones en la UE, aunque otros gases podrán ser considerados a partir del año 2013. Para cumplir este compromiso, España ha diseñado y aprobado dos planes, el Plan Nacional de Asignación de Emisiones 2005-2007 (PNA2005-2007) y el Plan Nacional de Asignación de Emisiones 2008-2012 (PNA 2008-2012), comprometiéndose con ellos a las empresas a reducir sus emisiones de CO₂.

El PNA 2005-2007 fijó como objetivo inicial que las emisiones de España en el período 2005-2007 se estabilizaran en la media de las emisiones de los tres últimos años disponibles (2000-2002) y estableció un incremento adicional del 3,5% de las emisiones de CO₂ en los sectores a los que aplica el mercado de emisiones para los incrementos de actividad y nuevos entrantes. En el PNA 2008-2012 se establece un esfuerzo de reducción adicional en el período 2008-2012, de tal manera que, al final del mismo, las emisiones nacionales de GEI no deberían sobrepasar más allá de un 37% las emisiones del año base. Esta cifra se obtiene de la suma al objetivo de limitación del Protocolo de Kioto (+15%) la estimación de absorción por sumideros (un máximo del 2%) y los créditos que se obtendrán por la utilización de los denominados mecanismos de flexibilidad (20%).

En enero de 2008 la Comisión Europea realizó una comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, y al Comité de las Regiones (*COM 2008 (30) final. Dos veces 20 para el 2020. El cambio climático, una oportunidad para Europa*), en la que se plasman un conjunto de medidas que permitirán a Europa realizar de forma coherente la transición a una economía con un nivel reducido de emisiones. En la comunicación se plasma el compromiso de reducir las emisiones de GEI en Europa más allá del protocolo de Kyoto, en un mínimo del 20% para 2020 y a la mitad en 2050.

En todo caso, se observa la gran dificultad de España de hacer frente a sus compromisos en esta materia. Por este motivo, es preciso que participe en todas las opciones que se abren para las reducciones de las emisiones de CO₂ y, en particular, en las opciones tecnológicas pues son estas últimas, a través de un desarrollo adecuado, las que a medio/largo plazo deben contribuir de forma decisiva a solventar, en un escenario de crecimiento continuo de la demanda energética global, la reducción de emisiones requerida. Tal y como se ha mencionado anteriormente, el IPCC indica la necesidad de desarrollar todas las opciones y, entre ellas, la CAC.



Mantener e incrementar la competitividad industrial española

La integración de las tecnologías de CAC ofrece una oportunidad única para el sector industrial español. Asimismo, una gran oportunidad para la industria española es una gran oportunidad para el conjunto de la sociedad. El uso de las CAC va a ser necesario en los años venideros. Si la industria española no entra dentro de su desarrollo en estos momentos, perderá una posición de liderazgo e irá a expensas de lo que los demás le ofrezcan. España juega con bazas importantes que otros países implicados no tienen. El disponer de instalaciones que pueden ser utilizadas en desarrollos posteriores en este campo a partir de experiencias ya realizadas, tales como la central de Gasificación Integrada en Ciclo Combinado (GICC) de Puertollano (Elcogas), el hecho de tener carbón autóctono, y el que existan estructuras geológicas estudiadas y potencialmente factibles para el almacenamiento de CO₂ son factores que pueden contribuir a cuajar la oportunidad que se presenta.

La participación española activa en el desarrollo e implantación de las tecnologías de CAC requiere un esfuerzo de coordinación de los agentes implicados. Es imposible que una sola empresa pueda dar respuesta a todos los problemas abiertos. El conjunto de empresas afectadas por el PNA, así como las que sin estarlo pudieran contribuir al desarrollo de tecnologías y bienes de equipo encontrarían importantes sinergias en esta coordinación.

Por otra parte, la colaboración entre empresas e investigadores es más necesaria que nunca. España cuenta con un buen número de centros tecnológicos y grupos

de investigación en organismos públicos y universidades que se han dedicado tradicionalmente al carbón desde un punto de vista de utilización avanzada, o bien ya tienen conocimientos o pueden reconvertirse con facilidad.

La Administración Española también debe apoyar estas iniciativas, participando en las mismas con técnicos que puedan transmitir de primera mano a los Ministerios las necesidades que se van creando, los acuerdos adoptados y las vías de colaboración.

La Plataforma Tecnológica Española del CO₂

La Plataforma Tecnológica Española del CO₂ es una realidad que surge para promover la necesaria colaboración en España entre los diferentes actores interesados en esta área. La Plataforma Tecnológica Española del CO₂ (PTECO₂) es una iniciativa impulsada por Empresas, Centros de Investigación y Universidades, amparada por el Ministerio de Educación y Ciencia, y apoyada por numerosas entidades del panorama nacional que involucran a la industria española. En ella también intervienen activamente otros ministerios (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y Ministerio de Medio Ambiente).

La PTECO₂ está estructurada en grupos de trabajo, encargados de elaborar informes y trabajos que ayuden a establecer la visión y estrategia que la Plataforma considere conveniente para la creación e impulso de una red tecnológica basada en tecnologías de reducción, captura y almacenamiento del CO₂. Pueden formar parte de ella las empresas, instituciones, organismos de investigación, universidades y todos los grupos de interés social que quieran aportar su disponibilidad, conocimientos y puntos de vista en esta materia.

Funciones y objetivos de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Entre las funciones y objetivos específicos que se plantean para la Plataforma, se destacan los siguientes:

- Asesorar sobre la estrategia tecnológica nacional en captura, transporte y almacenamiento geológico del CO₂.
- Mejorar la eficiencia energética en grandes instalaciones industriales.
- Asesorar en los aspectos legislativos.
- Estudiar problemas específicos relacionados con la reducción, captura, transporte y almacenamiento del CO₂.
- Preparar una planificación a corto, medio y largo plazo para I+D+i en captura, transporte y almacenamiento del CO₂.
- Impulsar proyectos estratégicos de I+D.
- Establecer alianzas para fortalecer el progreso tecnológico que ayuden a cumplir los objetivos marcados por la Unión Europea para 2020.
- Divulgar, comunicar e informar a la sociedad los avances realizados.



Introducción

El clima mundial ha evolucionado siempre de forma natural. Sin embargo, ahora estamos asistiendo a un forzamiento del sistema climático causado por la actividad humana. La causa es el aumento incontrolado de la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero”.

Se denomina “efecto invernadero” al comportamiento de algunos gases frente a la radiación térmica. Estos gases son transparentes a la radiación de onda corta, dejando pasar la radiación solar, pero absorben la de onda larga, evitando que la superficie terrestre pierda rápidamente el calor emitido desde dicha superficie en forma de radiación infrarroja durante las horas de radiación. Sin la presencia en la atmósfera de estos gases, la temperatura media de la Tierra sería de unos $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, y existiría, además, una diferencia de temperaturas muy acusada entre el día y la noche.

Los principales gases de “efecto invernadero” son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Las emisiones de CH_4 y el N_2O se producen fundamentalmente en diversas actividades agrícolas y ganaderas, los HFC se han utilizado como refrigerantes, propelentes y espumantes y los PFC provienen de las emisiones de diversos sectores industriales como la industria del aluminio y los semiconductores. El CO_2 se produce al quemar los combustibles fósiles en las múltiples aplicaciones que los utilizan como fuente de energía. Debido a la magnitud de estas emisiones, el CO_2 es el gas cuya concentración está aumentando más en valor absoluto, y se considera que es el responsable del 64% del calentamiento global antropogénico. También es el gas más abundante en la atmósfera del conjunto de gases de “efecto invernadero” ya citado.

Otra característica peculiar del CO_2 es que también se emite de forma natural (por ejemplo, al descomponerse la materia orgánica) y por tanto en la naturaleza existen tanto “fuentes” de CO_2 (materia orgánica en descomposición, respiración de los seres vivos, etc.) como “sumideros” (crecimiento de las plantas al fijar el CO_2 de la atmósfera para construir su propia estructura, absorción

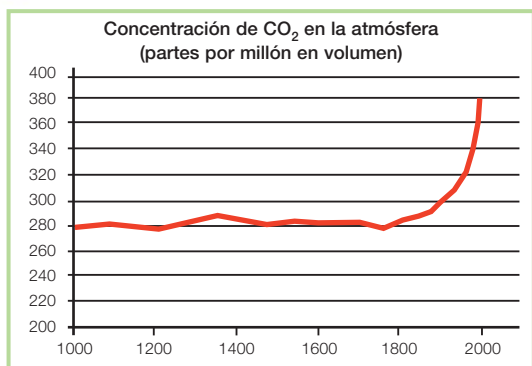
marina, etc.). La interacción entre las fuentes y sumideros naturales de CO_2 se conoce como “ciclo del carbono”. Este ciclo ha compensado durante largo tiempo las emisiones naturales, pero se ha visto, principalmente durante el último siglo, desbordado por la contribución humana, tal y como se observa en la Figura 1 que muestra la evolución de la concentración de CO_2 en la atmósfera terrestre.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, las emisiones de gases de efecto invernadero, en especial las emisiones de CO_2 derivadas de las actividades industriales, han calentado al planeta de forma perceptible.

Así, el Grupo Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC), en la contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación, aprobado en París el 2 de febrero de 2007, indica que el calentamiento global es inequívoco y se atribuye a la acción del hombre con una certidumbre superior al noventa por ciento. La temperatura global media en la superficie terrestre se ha incrementado en los últimos cien años en $0,74$ [$0,55$ a $0,92$] $^{\circ}\text{C}$. Asimismo, la concentración atmosférica de CO_2 se ha incrementado en un 35,36% desde la época pre-industrial.

El problema del cambio climático

El IPCC ha confirmado en el informe citado, que “existen pruebas nuevas y más convincentes de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se puede atribuir a actividades humanas”. Las proyecciones indican cambios en la temperatura de la superficie en los últimos diez años del siglo XXI con respecto a los últimos veinte años del siglo XX en un rango de $1,8$ a $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los efectos del calentamiento, incluso en los extremos inferiores de esa banda, serán probablemente dramáticos. Las repercusiones en los seres humanos serán inevitables y -en algunos lugares- extremas. En esencia, se producirá un aumento de las temperaturas acompañado de variaciones en las precipitaciones, además de una subida del nivel del mar y un aumento de los fenómenos climáticos extremos.

**Figura 1:**

Evolución de la concentración atmosférica de CO₂ en el último milenio (IPCC, 2007).

La Unión Europea (UE), para prevenir y limitar las consecuencias negativas debidas al calentamiento global, se ha fijado como meta contribuir a que la temperatura media de la Tierra no se incremente por encima de 2°C con respecto al promedio pre-industrial a través de unos objetivos en emisiones de CO₂ y favoreciendo un desarrollo tecnológico que permita a otros países fuera de la UE sumarse a dicha meta. Para ello, la concentración de CO₂ debería estabilizarse muy por debajo de las 450 partes por millón en volumen. La evolución de la concentración de CO₂ en la atmósfera (Figura 1) indica un claro acercamiento en los últimos años al techo aconsejado.

El problema del calentamiento global debe abordarse desde una perspectiva mundial, en la que se consideren las contribuciones de todos los países. El primero de los objetivos comprometidos tras la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en el año 2005 y tras la ratificación de 162 países responsables de un total del 62% de las emisiones totales mundiales, es la reducción de dichas emisiones en un 5% en el año 2012 con respecto a los niveles de 1990. Actualmente se está ya considerando un escenario "post-Kioto" en el que dichas reducciones serán más exigentes. Ya en el largo plazo (año 2050), se proyectan reducciones de las emisiones de más de un 50%. Estas reducciones globales no estarán repartidas de manera uniforme. A los países más industrializados les corresponderá una reducción porcentual mayor y los países en vías de desarrollo podrán incluso incrementarlas con respecto al año de referencia. Para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero se considera la participación de seis gases (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆), ponderada con su potencial de calentamiento, definido por el IPCC. El CO₂ es el gas con menor potencial de calentamiento de todos ellos, pero la gran cantidad de emisiones anuales frente a los otros hace que sea el más influyente.

España ha adquirido un compromiso doble en el ámbito internacional. Por un lado, con la ratificación del Protocolo de Kioto debe limitar el aumento de gases de efecto invernadero (GEI). Además, debe solidariamente contribuir a la reducción del 8% establecido en el conjunto de la Unión Europea. Como consecuencia de ambos com-

promisos debe limitar su crecimiento de emisiones a un máximo del 15% sobre el valor relativo al año 1990 para el período 2008-2012. El reto para España es muy importante, pues en el año 2005 sus emisiones de CO₂ ya se situaban en un 52,2% por encima de las del año 1990 y España era el país que más alejado estaba del cumplimiento de los objetivos establecidos. El impacto sobre la economía española por el incumplimiento del Protocolo de Kioto en el año 2010 podría alcanzar los 4.500 millones de euros anuales.

La Comisión Europea en su comunicación de enero de 2008 (COM 2008(17) final) sobre el esfuerzo que habrán de desplegar los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020, propone que los esfuerzos de reducción de los Estados miembros deberán sustentarse en el principio de solidaridad entre Estados miembros y en la necesidad de crecimiento económico sostenible en toda la Comunidad, teniendo en cuenta el PIB per cápita relativo de los Estados Miembros y asigna a España un límite de reducción del 10% en 2020 para las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en 2005 procedentes de fuentes no cubiertas por la Directiva 2003/87/CE.

De acuerdo con las anteriores cifras, la reducción de emisiones de CO₂ se convierte en una necesidad acuciante para España. Esta reducción debería afectar a todos los sectores y, lógicamente va a tener que ser asumida, en primer lugar, por las industrias intensivas en consumo de energía, incluyendo a las propias empresas de generación de electricidad a partir de combustibles fósiles. La mayor participación de otras fuentes de energía primaria para cubrir la demanda, el aumento de la eficiencia energética y los procesos de captura, transporte y almacenamiento de CO₂ van a ser, en distinta medida según el momento, claves para alcanzar los objetivos comprometidos en un futuro próximo.

Continuidad de los combustibles fósiles

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) predice un incremento importante de la demanda en el consumo de energía primaria hasta el año 2030. En el sector de la generación eléctrica se espera que la demanda mundial se duplique, lo que obligará a la instalación de nuevas plantas generadoras hasta una un valor conjunto de 5.000 GWe de potencia adicional. Este importante incremento en la demanda, junto con otros factores de carácter económico y de seguridad de suministro, su-

pondrá la continuidad de los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) como pieza clave en la escena energética.

Por otra parte, de cara a la lucha contra el cambio climático, es preciso llevar a cabo una reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Ello contribuirá a que dicho cambio no se convierta, es una seria amenaza de impacto significativo para todo el planeta.

A escala global, los escenarios y las proyecciones realizadas para el año 2030 (IEA World Energy Outlook) indican un incremento en la demanda de carbón, petróleo y gas. Además, se señala lo siguiente:

- La energía nuclear y las renovables se utilizarán, pero a una escala menor que los combustibles fósiles.
- Si no se ejecuta una política de medidas e incentivos para reducir las emisiones, éstas crecerán hasta doblarse en el año 2030.
- Los combustibles fósiles seguirán dominando el sistema energético, con una cuota en torno al 85 %.
- La Unión Europea, al ser uno de los mayores consumidores de energía y mayores emisores de CO₂, deberá contribuir intensificando sus esfuerzos en reducción y también en el ámbito de la transferencia tecnológica.

La mejora de la eficiencia energética y de la captura, transporte y almacenamiento de CO₂ (CAC) son dos de las opciones en el portafolio recomendado sobre acciones

de mitigación para estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estas tecnologías pueden jugar un papel importante al reducir las emisiones de CO₂, y permitir el desarrollo tecnológico y económico en un sistema energético con fuerte dependencia de los combustibles fósiles.

Modelos tales como MiniCAM y Message utilizados por el IPCC indican que las tecnologías CAC pueden ser competitivas con relación a otras opciones de mitigación a gran escala, tales como la energía nuclear o las energías renovables y contribuir a final de siglo a la reducción de CO₂ en una medida tan importante como éstas. Estos modelos utilizados por el IPCC indican que incluir las CAC en el portafolio de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero puede reducir el coste de estabilizar la concentración de CO₂ en la atmósfera en un 30 % o más, siendo además compatibles con las infraestructuras energéticas existentes. En las figuras siguientes se puede observar la contribución de la CAC al sistema energético futuro y su implicación necesaria en los usos energéticos basados en combustibles fósiles, todo ello según los modelos antes citados.

En la Figura 2, los diagramas a) y b) muestran el uso mundial de energía primaria, incluido el despliegue de la CAC. Los diagramas c) y d) indican las emisiones mundiales de CO₂ en gris y las contribuciones correspondientes de las principales medidas de reducción de las emisiones en color. El diagrama e) muestra el precio marginal calculado de las reducciones de CO₂.

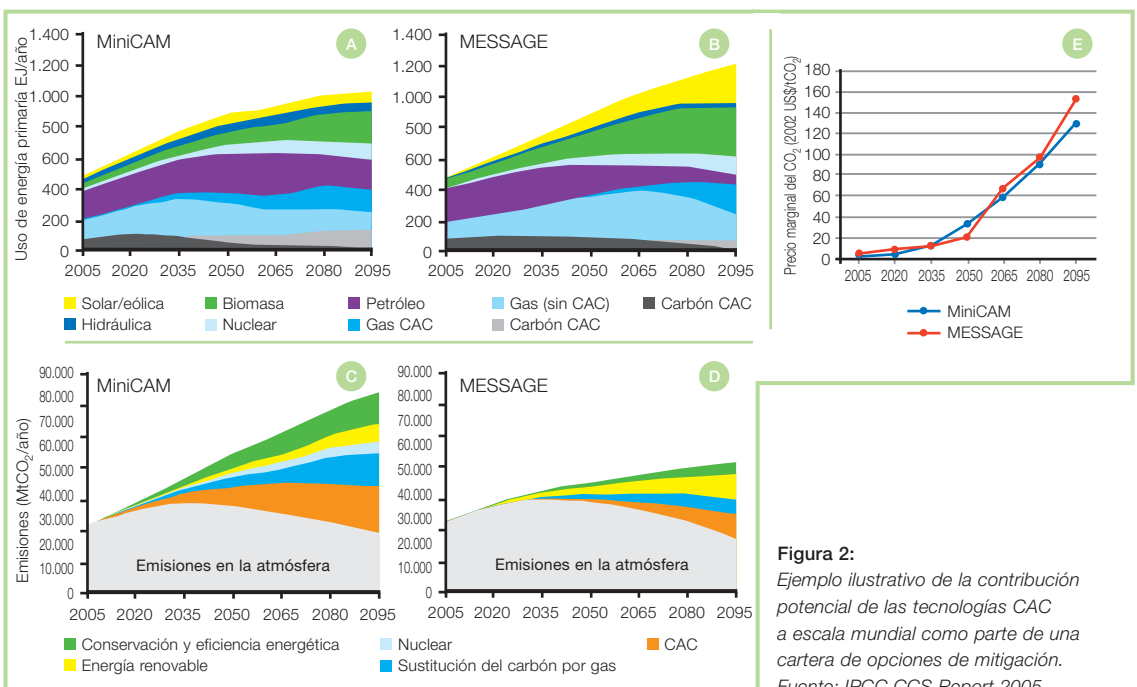
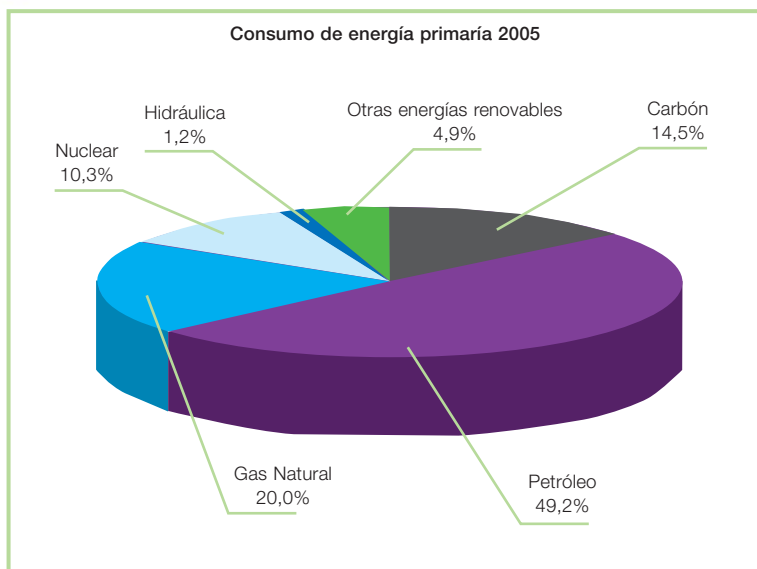


Figura 2: Ejemplo ilustrativo de la contribución potencial de las tecnologías CAC a escala mundial como parte de una cartera de opciones de mitigación. Fuente: IPCC CCS Report 2005.

**Figura 3:**

Distribución del consumo de energía primaria en España en el año 2005.

Fuente: Libro de la Energía en España 2005 (Secretaría General de Energía).

En España, el sistema energético es similar al de la UE en cuanto a su fuerte dependencia de combustibles fósiles, con una cuota del 84% en 2005 (ver Figura 3). Si se mantiene en España la misma proyección para el año 2030 (realizada para la UE), los cambios no serán significativos: los combustibles fósiles seguirán dominando en el sistema energético español.

En uno de los últimos informes redactados por la IEA, (perspectivas sobre tecnología energética, 2006), la Agencia da respuesta a la petición del grupo G-8 lanzada en la cumbre de Glenagles en el año 2005 para compatibilizar crecimiento energético y contención de emisiones. Se presenta un trabajo innovador mostrando los efectos globales que pueden tener las tecnologías energéticas bajo distintos escenarios, llegando a la conclusión de que únicamente se va a poder hacer frente al problema planteado mediante la innovación, la adopción de nuevas tecnologías que tengan sentido económico y un mejor uso de las tecnologías existentes.

En particular, dentro de los diferentes escenarios planteados en el trabajo hasta el año 2050, denominados de Tecnologías Aceleradas, se plantean el aumento en la eficiencia energética, la reducción o eliminación de las emisiones de CO₂ en el transporte utilizando combustibles más hidrogenados y un mayor uso de biocombustibles, y el uso de CAC en generación eléctrica. Se subraya que bajo estos escenarios de Tecnologías Aceleradas, los combustibles fósiles seguirán representando la mayor parte de la energía primaria mundial en el año 2050. Aunque las CAC no se pueden aplicar a fuentes dispersas de CO₂ (vehículos), se les atribuye un gran potencial de reducción de emisiones también en el sector transporte, en escenarios de uso de combustibles

más limpios. Se hace, en este sentido, referencia a la producción de H₂ o de combustibles de alta relación H/C y al uso de tecnologías de gasificación de carbón y/o de reformado de hidrocarburos que capturen y almacenen el CO₂ resultante como subproducto. Debe decirse que estas tecnologías ya están disponibles en los sectores del gas y del petróleo, así como en el de la industria de producción de H₂ a partir de combustibles fósiles. Es muy probable que las primeras oportunidades para demostrar a gran escala la captura y almacenamiento de CO₂ en el mundo se centren en las más de 360 MtCO₂/año que se emiten a la atmósfera por parte de las grandes industrias de este tipo, donde el CO₂ surge como una corriente de gran pureza (IPCC, SRCCS 2005).

La Comisión Europea, en su Libro Verde de la Energía, ha dejado patente también que, dentro de las necesidades de la política energética, las líneas principales deben ser la protección del medio ambiente, la seguridad en el suministro y la competitividad industrial.

En el caso español, al analizar el futuro de los combustibles fósiles, hay que tener especial consideración con el carbón, pues es la única fuente autóctona de energía primaria en forma de combustible fósil de la que dispone el país. Así pues, el desarrollo de las tecnologías de CAC es para España de una importancia prioritaria, de la cual dependerá el que tengamos un cierto grado de autoabastecimiento.

Prioridades del sector industrial español: acciones necesarias

España debe atender a una estrategia energética en donde la sostenibilidad, la competitividad y la seguridad de suministro sean los principales objetivos. Las principales preocupaciones deben ser:

- Asegurar el suministro energético de forma sostenible con el medio ambiente.
- Crear y utilizar tecnologías que reduzcan las emisiones de CO₂ en cada uno de los sectores implicados.
- Mantener e incrementar la competitividad industrial.

Estas preocupaciones han estado presentes en el sector industrial español desde hace muchos años. La diferencia es que ahora, a través del Protocolo de Kioto y el Plan Nacional de Asignación de Emisiones, se ha marcado un objetivo concreto para un horizonte temporal bien definido.

En este sentido, la reciente “Estrategia Española sobre Cambio Climático y Energía Limpia, horizonte 2012” se integra bien con los objetivos arriba indicados.

Uno de los mayores pasos acometidos dentro de la UE para dar solución al problema del cambio climático fue la implantación en 2005 del mercado de derechos de emisión. El mercado de derechos incluye ocho sectores industriales dentro de la Europa de los 25 más Islandia, Liechtenstein y Noruega. Conciernen a las plantas de generación eléctrica (pública, cogeneración y dispositivos de más de 20 MW no incluidos en los demás sectores), refinerías, cemento y cal, refino, siderurgia, vidrio, tejas, ladrillos, azulejos y baldosas, y de papel y cartón. A estos efectos únicamente se considera al CO₂ como gas participante, puesto que contribuye con el 80% de las emisiones en la UE, aunque también podrán ser considerados otros gases a partir del año 2013. Para cumplir este compromiso, España ha diseñado y aprobado dos planes, el Plan Nacional de Asignación de Emisiones 2005-2007 (PNA1) y el Plan Nacional de Asignación de Emisiones 2008-2012 (PNA2), comprometiéndose a las empresas a reducir sus emisiones de CO₂.

El PNA 2005-2007 fijó como objetivo inicial que las emisiones de España en el periodo 2005-2007 se estabilizaran en la media de las emisiones de los tres últimos años disponibles (2000-2002), con un incremento adicional del 3,5% de las emisiones de CO₂ de los sectores de la Directiva para incrementos de actividad y nuevos entrantes. En el PNA 2008-2012 se establece un esfuerzo de reducción adicional para el periodo 2008-2012, de tal manera que, al final del mismo, las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) no deberían sobrepasar más allá de un 37% las emisiones del año base. Esta cifra se alcanza sumando al objetivo de limitación del Protocolo de Kioto (+15%) la estimación de absorción por sumideros (un máximo del 2%) y los créditos que se obtendrán de la utilización de los mecanismos de flexibilidad (20%).

El PNA 2005-2007 mantiene el reparto del esfuerzo entre los sectores incluidos, que acumulan el 40% de las emisiones y los no incluidos (el 60% restante de las emisiones) en la Ley 1/2005.

El escenario español en el año 2005

El establecimiento de prioridades para los sectores de energía e industria en España en materia de contención y reducción de las emisiones de CO₂ requiere, en primera instancia, conocer las tendencias que en los próximos 20 años cabe esperar para dichas emisiones como consecuencia de la actividad prevista.

El “Informe de España: Demostración de Progreso en virtud del artículo 3.2 del Protocolo de Kioto”, analiza estas tendencias. En dicho informe se subraya la importancia que tendrá el cambio de tendencia demográfico ya iniciado y el crecimiento anual del PIB que parece acompañar a dicho crecimiento en la demanda energética y en las pautas de consumo en España. El incremento de la esperanza de vida, el ser un país destino de flujos migratorios y la aparición de nuevas capitales urbanas por el desarrollo autonómico, junto con el desarrollo de infraestructuras viarias y mejora de las comu-

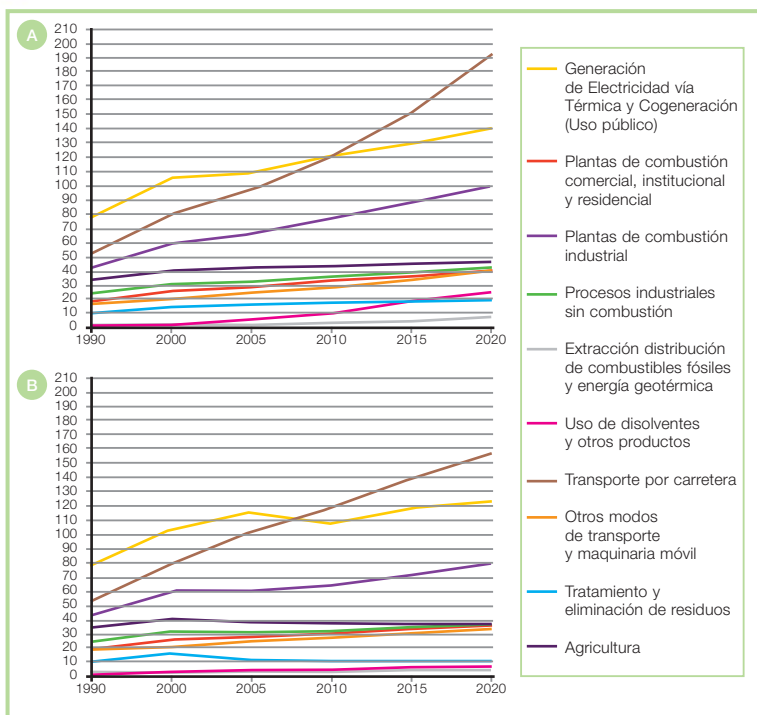


Figura 4(a):
Proyección de emisiones de GEI por sectores sin medidas (Mt CO₂ eq/año).

Figura 4(b):
Proyección de emisiones de GEI por sectores con medidas (Mt CO₂ eq/año).

nicaciones son los factores que han causado un crecimiento de la población desde 39,8 millones en el año 1990 hasta 44,1 millones en el año 2005 y un crecimiento del PIB del 40% en el año 2003 con relación al del año 1990.

En el informe se asumen dos escenarios:

- A** Evolución de las emisiones sin medidas para su control.
- B** Evolución de las emisiones asumiendo el cumplimiento de los planes y medidas aprobadas, así como el de la legislación sectorial de aplicación.

Hay que destacar que entre estas medidas no se contempla el efecto del Plan de Energías Renovables 2005-2010 ni los efectos de la implantación a nivel nacional de

la Directiva 2003/87/CE relativa al Plan Nacional de Asignación de comercio de derechos de emisión, ya que el informe había que presentarlo en 2005.

La diferencia entre ambos escenarios se muestra gráficamente en las Figuras 4(a) y 4(b) que se presentan arriba.

En suma, los principales resultados del análisis por sector muestran, para el escenario con medidas, un crecimiento de las emisiones totales de gases de efecto invernadero del 60,3% en el año 2012 y del 84,8% en el año 2020. Sin medidas, las proyecciones apuntarían a un crecimiento de las emisiones totales del 83,1% en el año 2012 y del 131,4% en el año 2020. Se prevé que, en el caso particular del CO₂, la tendencia sea la mostrada en la Figura 5.

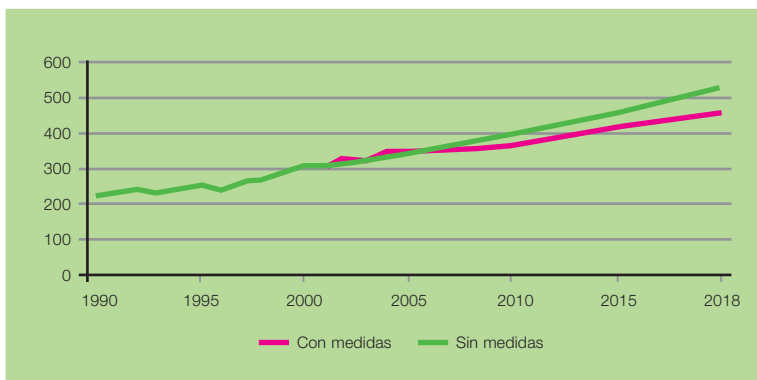


Figura 5:
Proyecciones de emisiones totales de CO₂ (Mt eq/año).

Se observa el impacto más bien reducido que se prevé por la aplicación de las medidas previstas para el caso del CO₂. La mayoría de las medidas contempladas en el informe son de carácter político y mercantil. Sin embargo, se introducen también ciertas medidas de índole tecnológica. Así, en el ámbito de la energía, el informe contempla como medidas con repercusión en la tecnología la migración progresiva hacia combustibles fósiles más hidrogenados, una mayor generación a través de energías renovables y, fundamentalmente para los usuarios finales, el ahorro y la eficiencia energética.

En el sector industrial, se incide en el efecto de ahorro y eficiencia que se logrará mediante mejoras en los procesos industriales, a través de la I+D que se lleve a cabo, y que deberán conllevar mejoras en el uso de la energía y, en consecuencia, menores emisiones.

No se descarta que la aplicación de nuevas medidas políticas y de índole mercantil tenga todavía cierto recorrido de cara a un aumento todavía menor de las emisiones. En este sentido, los objetivos del Plan Nacional de Asignación 2008-2012 rebajan el incremento de GEI con las medidas actualmente adoptadas para el periodo 2008-2012, según cálculos realizados por la Universidad Politécnica de Madrid, al 50 %.

El mismo Plan reconoce que, sin las medidas puestas en marcha en cuanto a ahorro y eficiencia energética, el incremento calculado se situaría en el 73%. Asimismo reconoce la complejidad de la elaboración de un plan que debe conjugar los factores esenciales de la ratificación por España del Protocolo de Kioto, preservar la competitividad de la economía española y el empleo, resultar compatible con la estabilidad económica y presupuestaria y cumplir los criterios de asignación establecidos en la directiva.

Sin embargo, y en suma, se propone un objetivo global de aumento para el conjunto del quinquenio de tan sólo el 37% de las emisiones del año base. Para ello, el Gobierno espera que, adicionalmente al esfuerzo pedido a los sectores industriales y energético, el crecimiento medio de los sectores difusos (65%) sea compensado por la absorción de carbono por los bosques y otras masas vegetales, cuyo efecto deberá ser capaz de paliar en lo posible el volumen de créditos de carbono que se adquieran.

Resumiendo, el esfuerzo esperado por parte de los sectores y actividades industriales sujetos al régimen de derechos de emisión para el periodo 2008-2012, según lo indicado en el PNA, podría obtenerse del cuadro siguiente:

Sector	Estrategia		
	E4	Migración a otras tecnologías	Adaptación de procesos a BAT
Generación eléctrica Cogeneración			
Refinerías Siderurgia	 		
Cemento Cal	 		
Vidrio Cerámica			
Ladrillos y tejas Azulejos y baldosas Pasta y papel	 		

E4: Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España
BAT: Mejores Tecnologías Disponibles
 Bajo potencial Medio-alto potencial
Elaboración propia

Como se observa del análisis anterior, todos estos importantes esfuerzos no serán suficientes para una disminución de las emisiones absolutas de GEI en España. De hecho, todos los escenarios a nivel mundial indican un aumento de dichas emisiones a largo plazo. Tanto el tercero como el cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) indican que ninguna opción tecnológica proporcionará por sí sola todas las reducciones de emisiones necesarias para lograr la estabilización de los GEI, sino que se necesitará una cartera de medidas de mitigación.

La mayor parte de los escenarios prevén que el suministro de energía primaria seguirá estando dominado por los combustibles fósiles hasta, al menos, mediados de siglo. Como se observa en los informes del IPCC, todos los modelos indican que para conseguir la estabilización de los GEI en la atmósfera será necesario utilizar, además de las tecnologías convencionales (mejora de eficiencia, cambio de combustible, energías renovables, etc.), otras opciones tecnológicas entre las que destacan las tecnologías de Captura y Almacenamiento de CO₂.

Asegurar el suministro energético de forma sostenible

La dependencia exterior de fuentes de energía primaria, tales como el petróleo o el gas natural, puede minar los cimientos de una economía estable, especialmente en tiempos de incertidumbres relacionadas con el suministro. El índice de autoabastecimiento de España es tan sólo ligeramente superior al 20%; es decir, somos un país altamente dependiente del exterior en lo que a energía primaria se refiere.

Las actividades intensivas en consumo de combustible pueden agruparse en tres categorías:

- **Transporte:** en este sector, la necesidad de combustibles líquidos hace que, previsiblemente, nuestra dependencia del petróleo se prolongue muchos años.
- **Uso directo en la industria:** actualmente, el gas natural es el combustible más utilizado para uso directo, tanto en la industria como en el sector doméstico. La limpieza, facilidad de uso y la actual red de gasoductos hacen que ésta sea la opción más razonable aunque, de nuevo, va en contra de nuestro autoabastecimiento.
- **Producción de electricidad:** de la electricidad generada en España, aproximadamente el 80% corresponde a generación en grandes centrales y el 20% al llamado "régimen especial" que incluye fundamentalmente cogeneración y renovables. La generación en grandes centrales se reparte entre energía nuclear (20%), carbón (30%), hidroeléctrica (10%), fuelóleo (5%) y gas natural (15%). El gas natural, en total, vendría a suponer el 25% de la electricidad generada, pues a las grandes centrales habría que añadirle aproximadamente la mitad de la generación en régimen especial.

En conclusión, la apuesta por el carbón es la apuesta por mantener, e incluso aumentar, el grado de autoabastecimiento. Ello otorga una dimensión estratégica al desarrollo de tecnologías de CAC, imprescindibles para hacer sostenible nuestro único combustible autóctono.

Respuestas al cambio climático

Crear e implantar tecnologías que disminuyan las emisiones de CO₂ en cada uno de los sectores implicados. Ya se ha mencionado que las opciones para disminuir las emisiones de CO₂ se pueden enmarcar en tres grupos:

- Mejora de la eficiencia energética de procesos: esta opción es la primera que hay que implantar por principio. Además, es la que mejor pueden aportar los llamados "sectores difusos" (transporte y consumo privado, sector servicios, pequeñas empresas no energéticas, etc.).
- Cambio de la estructura de consumo de energía primaria, dando mayor participación en la cesta energética a las energías renovables.
- Desarrollo e implantación de tecnologías de Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC).

Organismos internacionales de reconocido prestigio, como el IPCC, ya han establecido que las dos primeras opciones no serán suficientes para reducir las emisiones al ritmo esperado. Esto se ha demostrado también para España en "Informe de España: Demostración de Progreso en virtud del artículo 3.2 del Protocolo de Kioto", citado anteriormente.

En la comunicación de la Comisión Europea "Dos veces 20 para el 2020. El cambio Climático, una oportunidad para Europa (COM 2008, (30) Final)" de enero 2008, se destaca la importancia de la captura y almacenamiento de carbono. La Comisión afirma que los combustibles fósiles seguirán siendo la principal fuente de energía mundial durante las próximas décadas. Por ello, el Consejo Europeo respalda la adopción sin tardanza de medidas que hagan de la captura y almacenamiento una tecnología por la que puedan optar las centrales eléctricas. De no ser así, no se logrará el objetivo de que las emisiones totales de GEI se reduzcan de aquí a 2050, a la mitad de los niveles de 1990.

La implantación de las tecnologías CAC va a requerir un esfuerzo de I+D+i y de inversión, tanto en equipos como en personal cualificado. Consecuentemente, la implantación de estas tecnologías deberá hacerse en procesos intensivos en consumo de energía, en particular en centrales termoeléctricas de combustible fósil, si bien se deberá de tener en cuenta que también serán adecuadas para otros sectores industriales incluidos en el PNA.

El coste actual de estas tecnologías es elevado, pero se puede reducir a un rango entre 15-35 € por tonelada de CO₂ evitada hacia el año 2020 si se llevan a cabo los desarrollos tecnológicos y de demostración previstos. Muchos de los procesos individuales necesarios para estas tecnologías han sido ya ensayados a diferentes escalas, pero se requieren plantas integradas de mayor tamaño y de demostración.

Es importante tener en cuenta que el uso de tecnologías CAC no es totalmente nuevo, ya que muchas de ellas se vienen utilizando desde hace varios años en la industria del gas y del petróleo. Así, en Estados Unidos existe un número significativo de proyectos comerciales de transporte de CO₂ hacia yacimientos de pozos petrolíferos para incrementar la efectividad de la extracción del crudo (EOR, Enhanced Oil Recovery). Por otra parte, el CO₂ es separado habitualmente en todo el planeta con fines comerciales (carbonatación de bebidas, producción de amoníaco, etc.). El CO₂ es un gas semejante al gas natural en cuanto a su manejo, por lo que gran parte de la enorme experiencia de la industria gasista puede aplicarse a este terreno. Cualquier entorno habitado se encuentra rodeado de redes de transporte de gas natural. Lo que es importante y se debe hacer es extrapolar el uso de estas tecnologías a las grandes fuentes de emisión y determinar cuáles son las más favorables.

La percepción pública, que debe ser desarrollada de manera realista con la información a la sociedad de los proyectos de demostración y la correspondiente difusión de sus resultados es, quizá, el elemento más importante.

Captura de CO₂

Las plantas de generación eléctrica, las cementeras, las refineras, las acerías y otras actividades industriales son responsables de más del 60% de las emisiones mundiales de CO₂. La mayor parte de estas emisiones son en forma de gases de combustión, donde la concentración de CO₂ no suele superar el 15% en volumen. La captura del CO₂ es por tanto un proceso necesario, porque la fase posterior de almacenamiento sólo es posible si esta especie química está lo suficientemente concentrada como para que sea posible su compresión hasta alcanzar unas condiciones similares a las del estado líquido.

La economía de escala hace que sólo las grandes fuentes estacionarias de emisión de CO₂ sean, hoy por hoy, las receptoras más favorables de las tecnologías de captura de CO₂. En la Figura 6 se muestra un esquema donde aparecen las posibles opciones de captura.

Los sistemas de captura de CO₂ tienen como objetivo la obtención de una corriente concentrada en CO₂ preparada para su transporte y almacenamiento permanente. Estos sistemas incluyen un proceso de separación de gases a gran escala (no necesariamente CO₂ como se ve en la Figura 6) que acaba generando una corriente pura concentrada de CO₂. Los sistemas de captura de CO₂ se suelen clasificar según el momento en que se realiza dicha separación de la siguiente forma:

- **Post-combustión.** El objetivo es separar el CO₂ que se encuentra diluido en el resto de componentes del gas que se obtiene al quemar con aire un combustible fósil o biomasa. El proceso se realiza mediante membranas, absorción química o adsorción física, éstos

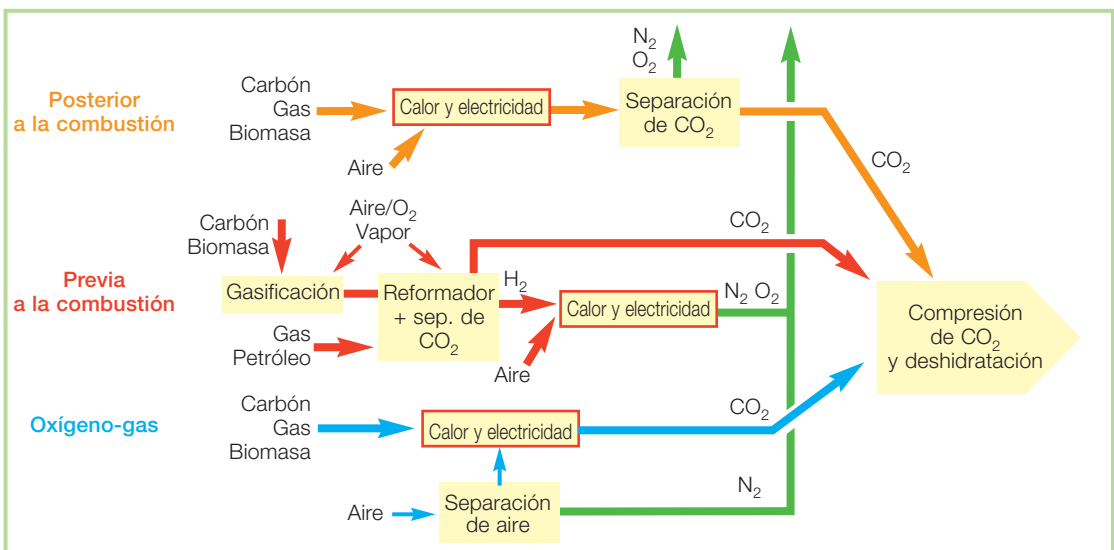
últimos por medio de un reactivo o un material con el que reacciona o al que se adhiere el CO₂, y del que se separa por aporte de energía (calor en forma de vapor, cambio de presión, etc.).

- **Precombustión.** Antes de su combustión, el combustible debe transformarse y pasar a tener un bajo o nulo contenido en carbono. Esto se consigue mediante procesos de gasificación y reformado. Estos procesos producen en una primera etapa un gas de síntesis compuesto fundamentalmente de hidrógeno, monóxido de carbono, vapor de agua y cantidades menores de dióxido de carbono y otros componentes volátiles del combustible. El monóxido de carbono (CO) se somete a una reacción con vapor de agua y se obtiene en H₂ y CO₂. El CO₂ se captura y el H₂ queda disponible para su combustión en turbinas de gas o para otros usos. Las altas presiones a las que se llevan a cabo estas reacciones facilitan el proceso de separación del H₂ y del CO₂ (etapa de captura). A estos sistemas se les suele reconocer una gran importancia estratégica, ya que podrían alimentar la llamada economía del hidrógeno en su primera fase, o la producción de combustibles de automoción con bajo contenido en carbono.

- **Oxicombustión.** Consiste en la combustión del combustible en presencia de oxígeno puro en lugar de aire, lo que incrementa la concentración de CO₂ en el gas y facilita su purificación final antes de su compresión para transporte y almacenamiento. Por tanto, en este sistema de captura de CO₂, la etapa crítica de separación de gases es la obtención de O₂ de gran pureza a partir del aire, previo a su uso en la combustión.

Figura 6:

Visión general de los procesos y sistemas de captura de CO₂ (Tomada de "Carbon Dioxide Capture and Storage", special report 2005, IPCC).



En principio, no existen barreras tecnológicas infranqueables en ninguna de las tres rutas que impidan su demostración a gran escala en los próximos años. De hecho, ya se dispone de procesos industriales operando en diversos sectores (refinerías, plantas de fertilizantes, procesos de gasificación de carbón como la planta de Elcogas en Puertollano, plantas de separación de aire, etc.) que han demostrado durante décadas su viabilidad técnica. El desafío se sitúa en llevar a cabo grandes proyectos de demostración que integren los componentes en un funcionamiento conjunto a la escala adecuada y con rendimientos energéticos adecuados. Los costes de captura de CO₂ con estas tecnologías ya existentes suelen suponer unas 3/4 partes del coste total de mitigación por CAC. Las penalizaciones energéticas se sitúan entre 8 y 10 puntos netos de rendimiento en centrales térmicas (o lo que es lo mismo, un 15-25% de aumento de consumo de recursos fósiles por unidad de energía útil producida).

También existen muchos proyectos en todo el mundo desarrollando procesos nuevos y emergentes de captura de CO₂, que siguen el esquema anterior (post-, pre-, oxi-) pero con componentes clave distintos a los existentes en la actualidad. Estos procesos están basados en nuevas configuraciones de reactores (ciclos de carbonatación-calcinación, combustión con transportadores de O₂) o en nuevos materiales funcionales (membranas de H₂, O₂, CO₂; nuevos sorbentes de CO₂). El objetivo común de estos procesos es conseguir una separación de gases (clave en cualquier proceso de captura) con mayores rendimientos energéticos y menor coste. Una política sostenida de I+D en las líneas más prometedoras en estos campos es fundamental para el desarrollo de estos procesos y para dejar que el tiempo y los resultados decidan cuál de todas estas opciones es realmente la más aceptable (es decir la más barata y eficaz energéticamente) o se adapta mejor en cada caso para capturar CO₂.

Transporte de CO₂

Una vez aislado el CO₂ de la corriente de gases, éste debe transportarse hacia el lugar en el que bien se consume en procesos industriales, o bien se almacene en los potenciales sumideros que actualmente se están estudiando.

Debe encontrarse un tipo de transporte económico, viable y seguro. Su diseño final dependerá de la fuente de la cual se consiga el CO₂ y de la naturaleza del sumidero hacia el que se transporte. Disponer del CO₂ en estado supercrítico es, en principio, la opción más viable, ya demostrada para el transporte del fluido en conducción

mediante tuberías similar a la utilizada en los proyectos de EOR. En forma de gas, el volumen específico es demasiado elevado. Para el transporte en vehículos marítimos y terrestres la opción más adecuada sería la licuefacción, como demuestra la experiencia del GLP (Gas Licuado de Petróleo) y el transporte a pequeña escala de CO₂ con fines industriales.

En el caso de España, en el campo del transporte, el mayor reto será crear una red adecuada de transporte del gas hacia los diversos almacenamientos. Existen numerosos proyectos comerciales sobre redes de transporte de gases que aseguran la viabilidad de la tecnología. En este caso, las actividades de la investigación y desarrollo deberán centrarse en:

- Desarrollar y optimizar el uso de almacenamientos intermedios.
- Identificar y evaluar las mejores conexiones entre fuentes y sumideros.
- Identificar mediante diferentes escenarios realistas el volumen estimado de CO₂ y la capacidad requerida y existente de almacenamiento y su implicación hacia el transporte.

Almacenamiento y uso de CO₂

Una vez que el CO₂ ha sido capturado puede utilizarse como materia prima o llevarse a almacenamiento a través de la red de transporte. La gran mayoría del CO₂ capturado deberá ser almacenado, puesto que la demanda de CO₂ es varios órdenes de magnitud inferior al que estará disponible cuando se aborde la captura del mismo en un mundo con tecnologías CAC desplegadas. Se requiere un conocimiento detallado de estos depósitos y de las medidas de control que conllevan. Las industrias gasista y petrolífera ya tienen experiencia en la metodología de evaluación de la viabilidad real de depósitos geológicos.

El confinamiento geológico del CO₂ se realiza en depósitos naturales, tales como formaciones salinas profundas, yacimientos de gas y petróleo y yacimientos de carbón de difícil explotación.

Las formaciones salinas profundas son depósitos geológicos que se encuentran en las rocas situadas bajo los fondos marinos y terrestres. Consisten en un manto de roca porosa, en la que los poros son ocupados por el agua salada, que queda así retenida entre los granos de la roca. La zona comprendida entre el suelo marino/terrestre y la zona porosa de la roca es impermeable la mayoría de las veces, haciendo de sello y evitando la migración vertical del agua salada hacia el exterior.

Cuando se inyecta el CO₂ en la roca porosa, éste va rellenando los poros desplazando al agua salada y quedando confinado formando una especie de domo. Este depósito de CO₂, limitado por la parte superior por la capa impermeable de la roca y por la inferior por el agua salada más densa que el gas, puede permanecer durante largos periodos de tiempo al igual que lo ha hecho el agua salada. Una vez que el CO₂ es inyectado en este tipo de depósito éste podrá verse confinado de tres formas distintas:

- Confinamiento hidrodinámico, donde el CO₂ es atrapado en el espacio entre la capa impermeable y el agua salada.
- Disolución del CO₂ en el agua salada de la formación salina profunda.
- Confinamiento mineral. Este último, es un proceso lento, todavía no demasiado entendido, en el que el CO₂ reacciona con los minerales y materia orgánica presentes en la formación geológica para dar estructuras sólidas.

Se puede aprovechar el conocimiento de la industria petrolífera y gasista para estudiar la posibilidad de confinar el CO₂ en este tipo de depósitos naturales que se sabe han contenido y siguen conteniendo grandes cantidades de hidrocarburos.

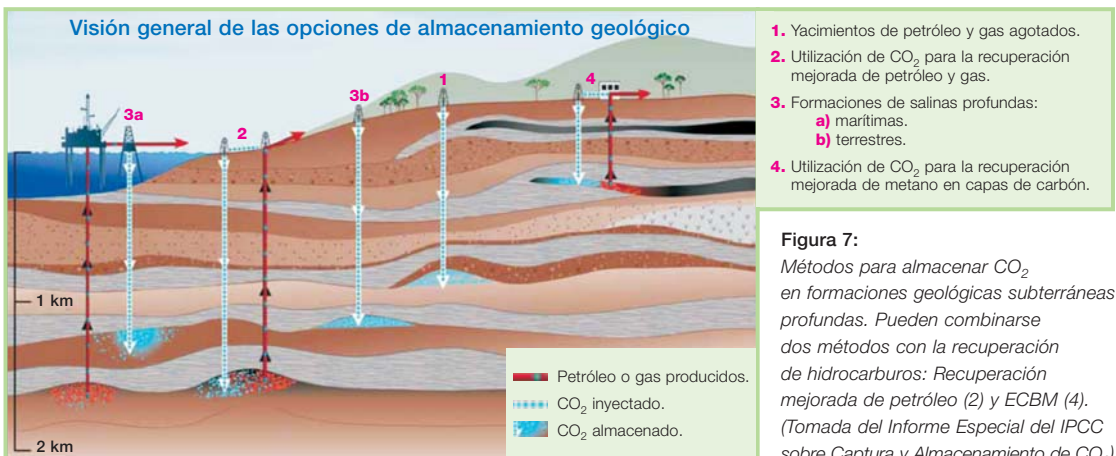
Una de las actividades que se viene realizando básicamente en Estados Unidos es la técnica de la recuperación mejorada de petróleo (Enhanced Oil Recovery, EOR). Esta técnica consiste en la inyección de CO₂ en depósitos de petróleo próximos al fin de su vida útil para aumentar la eficiencia y prolongar su explotación. El mecanismo principal por el que se aumenta la eficiencia es la disolución del CO₂ en el hidrocarburo, lo que conlleva una disminución de su viscosidad y facilita su paso a través de las cavidades rocosas. Se estima que con

esta técnica es posible aumentar la eficiencia de la explotación entre un 15 y un 25%. Cuando la mezcla del crudo y el CO₂ llega a la superficie, la disminución de la presión hace que el CO₂ se transforme en gas y se libere, siendo fácilmente capturado, comprimido e inyectado de nuevo al depósito. En Estados Unidos, la utilidad del CO₂ para este fin es tal que los promotores de proyectos EOR vienen pagando de 9 a 18 € por tonelada de CO₂ suministrada.

Otra opción es el confinamiento del CO₂ en depósitos de petróleo y de gas natural ya agotados. La permeabilidad de la matriz de los yacimientos de gas natural suele ser pequeña, ocasionando que únicamente un 2% de los poros de la formación hayan quedado llenos de agua tras la total explotación del yacimiento. Esto supone bastante espacio aún disponible para el CO₂ si la inyección se realiza inmediatamente tras el agotamiento del depósito. En Europa se estima que la capacidad de los yacimientos marinos es de 14,5 gigatoneladas y de 13,1 gigatoneladas en depósitos terrestres.

La recuperación mejorada de metano en lechos de carbón (Enhanced Coal Bed Methane, ECBM) es una técnica en fase de estudio por medio de la cual se pretende que las capas de carbón de difícil explotación sean utilizadas como depósitos de CO₂. Las capas de carbón contienen en su matriz metano que ha quedado adsorbido. El CO₂ se adsorbe por el carbón más fácilmente que el metano y por tanto al inyectarlo se libera el metano de la matriz del carbón y queda atrapado el CO₂. Se estima que por cada dos moléculas de CO₂ se recupera una de metano. Esta tecnología presenta, por lo tanto, el valor añadido de recuperar metano, lo que disminuye los costes de implementación de los sistemas de captura y almacenamiento de CO₂.

En la Figura 7 aparecen representadas esquemáticamente estas opciones.



¿Es seguro el almacenamiento de CO₂?

Dado que será necesario que la mayor parte del CO₂ capturado sea almacenado en depósitos geológicos con el objeto de que permanezca allí durante miles de años, se hace preciso asegurar que no se va a producir escapes del CO₂ almacenado a la atmósfera. Actualmente, se están llevando a cabo los primeros estudios y proyectos en varias zonas del planeta, los cuales deben servir de guía y confirmar la validez de este planteamiento. Por ejemplo, en Europa tenemos el almacenamiento de Sleipner, en el del Mar del Norte, en Noruega. Otro referente importante en este aspecto es la experiencia relativa a los yacimientos de gas y de petróleo, los cuales han estado almacenando durante muchos años gas natural sin ofrecer mayores problemas. Todo ello apunta a que el almacenamiento de CO₂ no tendrá problemas de seguridad si se lleva a cabo en las formaciones geológicas apropiadas.

No obstante, es preciso que se mantenga el esfuerzo en investigación y desarrollo ya iniciado para ir confirmando la validez de estos aspectos y mantener informada a la opinión pública sobre los avances en los mismos.

Proyectos en marcha

La industria europea está trabajando intensamente en encontrar diferentes tecnologías comercialmente viables que den solución al problema de mitigación del cambio

climático. Las actividades de investigación y desarrollo en tecnologías CAC buscan encontrar tecnologías que permitan la generación eléctrica y/o de calor industrial a gran escala con emisiones reducidas de CO₂ a partir de carbón, biomasa y otros combustibles con sistemas de mínimo coste, seguros y sostenibles desde el punto de vista medioambiental.

El desafío en el campo de la captura de CO₂ es reducir costes y que el rendimiento energético baje lo menos posible al incorporar la captura de manera que los objetivos buscados se sitúan en costes entre 15-35 € la tonelada de CO₂ evitada y eficiencias de captura de más del 90%. En cuanto al impacto sobre el rendimiento, los desarrollos buscan elevar el rendimiento de los ciclos termodinámicos, de manera que ello compense las pérdidas de energía por los procesos intrínsecos a la captura.

El desafío en el campo del almacenamiento geológico es generar confianza a través de proyectos de demostración que permitan comprobarla fiabilidad a largo plazo de los tipos de almacenamiento que se están considerando. En los proyectos ejecutados en la UE desde los años 90 y en los proyectos en curso, los depósitos considerados incluyen formaciones salinas profundas, yacimientos agotados de gas y petróleo (con posibilidad de recuperación adicional de combustible) y almacenamientos en capas profundas de carbón de difícil explotación (con la posibilidad de obtención de metano). Algunos proyectos concretos, en distintas fases de realización, son los siguientes:

Proyecto	Localización	Comentarios
Catchet	Europa	Desarrollo de métodos efectivos de producción de H ₂ a partir de gas natural con captura simultánea de CO ₂ .
Castor	Europa	Proyecto I+D de captura en postcombustion y posterior almacenamiento geológico.

Tabla 1: Referencias de proyectos de I+D+i europeos.

Proyecto	Localización	MWe	Planta Demo	Comentarios
Vattenfall	Alemania	250	2020	En 2008 se finalizará la planta piloto de 30 MW con CAC, que se usará para desarrollar una planta comercial a mayor escala para 2020.
ZeroGen	Australia	50	2010	Integración de una planta de IGCC con captura de CO ₂ y almacenamiento en formación salina.
GreenGen	China	250	2018	Planta de IGCC con integración completa CAC.
ENDESA	España	500	2015	Planta de 500 MWe de lecho fluido circulante atmosférico en oxcombustión, integrada con transporte y almacenamiento.
Dynamis- Hypogen	Europa	400	2006-2009	Proyecto co-fundado por la Comisión Europea (FP6) para la co-producción, en una central térmica, de H ₂ y electricidad a partir de combustibles fósiles con CAC.
FutureGen	EE.UU.	275	2012	IGCC para la producción de electricidad e H ₂ . Participación del DOE y la industria.

Tabla 2: Principales proyectos de escala demostración con relevancia internacional.

Proyecto	Localización	MWe	Planta Demo	Comentarios
Hydrogen Energy-BP & Rio Tinto	Australia	500	2011	Proyecto de la empresa Hydrogen Energy (BP & Rio Tinto) para la generación de H ₂ con CAC y combustible fósil en CT de Kwinana.
RWE	Alemania	450	2014	Construcción de una planta comercial de IGCC y con CAC en precombustión.
Magnum	Holanda	1200		IGCC multicomcombustible con CAC.
Hartfiel	Reino Unido	430	2011	IGCC con CAC.
Progressive Energy	Reino Unido	800	2011	Captura en una planta de IGCC de 5 Mt CO ₂ /año para su uso en la EOR en el Mar del Norte.
Powerfuel	Reino Unido	900	A partir de 2012	Planta de IGCC con integración completa de CAC en Hatfield Colliery.
E.On	Reino Unido	450	A partir de 2012	Planta de IGCC con integración completa de CAC en la central de gas de Killingholme.
RWE nPower	Reino Unido	1000	2016	Investigación de tecnología supercrítica, combinada con la captura poscombustión en Tilbury. El mayor proyecto de CAC a la fecha.
Teeside	Reino Unido	870		IGCC con CAC.
Carson Project	EE.UU.	500	2011	Gasificación para convertir coque de petróleo en H ₂ (almacenamiento de 5 Mt CO ₂ /año).

Tabla 3: Principales proyectos de escala comercial con relevancia internacional.

En la transición hacia una economía energética más sostenible se está realizando un esfuerzo en promover la obtención de hidrógeno a partir de combustibles fósiles. Entre las actuaciones que se llevan a cabo en la UE se sitúa la iniciativa “quick start” de HYPOGEN, la cual promueve una planta completa de demostración con producción de hidrógeno, captura de CO₂ y almacenamiento del mismo.

También aparecen iniciativas muy importantes en otros lugares del mundo. En los Estados Unidos cabe destacar, entre otros proyectos, el de FutureGen. De especial importancia es el proyecto Weyburn en Canadá, en el que el CO₂ procedente de la planta de Dakota del Norte de Great Plains Synfuels se está inyectando a 17 pozos petrolíferos. En Australia, entes tales como el CSIRO y el CRC están colaborando con las universidades y las compañías de carbón y de generación para llevar desarrollar proyectos de gasificación, promoviendo la producción de hidrógeno y la CAC. La compañía Stanwell está construyendo una planta GICC de 190 MW con captura, transporte y almacenamiento cerca de Rockhampton, en Queensland. En Japón, el RITE está investigando el almacenamiento oceánico del CO₂. El CO₂ se transporta en estado líquido en barcos a cientos de kilómetros de la costa, y se inyecta a una profundidad de unos 1.500-2.000 m. La investigación busca encontrar las mejores técnicas de inyección, determinar el efecto sobre el medio ambiente marino, y desarrollar modelos para predecir la evolución y el comportamiento del CO₂ en la zona de inyección. Japón está también intentando desarrollar

nuevos absorbentes de CO₂ más eficientes que los existentes para los procesos de captura post-combustión.

En España se están desarrollando ya varios proyectos de investigación públicos y privados, enfocados a caracterizar la captura de CO₂ en sus tres vertientes, post, pre y oxi-combustión, y el almacenamiento geológico aprovechando las características geológicas que conforman la península.

Mantener e incrementar la competitividad industrial española

La integración de las tecnologías de CAC ofrece una oportunidad única para el sector industrial español. Asimismo, una gran oportunidad para la industria española es una gran oportunidad para el conjunto de la sociedad. El uso de las CAC va a ser necesario en los años venideros. Si la industria española no entra dentro de su desarrollo en estos momentos, perderá una posición de liderazgo e irá a expensas de lo que los demás le ofrezcan. España juega con bazas importantes que otros países implicados no tienen. El disponer de instalaciones con experiencias ya realizadas que pueden ser utilizadas en desarrollos posteriores en este campo, tales como la central de Gasificación Integrada en Ciclo Combinado (GICC) de Puertollano (Elcogas), el hecho de tener carbón autóctono, y el que existan estructuras geológicas estudiadas y potencialmente factibles para el almacenamiento de CO₂ son factores que pueden contribuir a cuajar la oportunidad que se presenta.

La participación española activa en el desarrollo e implantación de las tecnologías de CAC requiere un esfuerzo de coordinación de los agentes implicados. Es imposible que una sola empresa pueda dar respuesta a todos los problemas abiertos. El conjunto de empresas afectadas por el PNA, así como las que sin estarlo pudieran contribuir al desarrollo de tecnologías y bienes de equipo, encontrarían importantes sinergias en esta coordinación.

Por otra parte, la colaboración entre empresas e investigadores es más necesaria que nunca. España cuenta con un buen número de centros tecnológicos y grupos de investigación en organismos públicos de investigación y universidades que se han dedicado tradicionalmente al carbón desde un punto de vista de utilización avanzada, o bien ya tienen conocimientos o pueden reconvertirse con facilidad. Algunos de estos grupos ya han participado y participan en proyectos europeos concretos de captura, transporte y almacenamiento de CO₂.

La Administración Española también debe apoyar estas iniciativas, participando en las mismas con técnicos que puedan transmitir de primera mano a los Ministerios las necesidades que se van creando, los acuerdos adoptados y las vías de colaboración.

En este contexto, la Plataforma Tecnológica Española del CO₂ (PTECO₂) es una realidad que surge para promover la necesaria colaboración en España entre los diferentes actores interesados en esta área. La PTECO₂ es una iniciativa impulsada por Empresas, Centros de Investigación y Universidades, amparada por el Ministerio de Educación y Ciencia y apoyada por numerosas entidades del panorama nacional que involucran a la industria española. En ella también intervienen activamente otros ministerios (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y Ministerio de Medio Ambiente).



Visión de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Las tecnologías de Captura, Transporte y Almacenamiento de CO₂ tienen el potencial de reducir la presencia en la atmósfera de gases de efecto invernadero, haciendo posible así un uso continuo y más compatible de los combustibles fósiles. Su incorporación plenamente comercial en un escenario de viabilidad económica requiere todavía de algunos avances tecnológicos, legales, de seguridad y fiabilidad de almacenamiento y de información a la opinión pública. Es voluntad de la Plataforma Española del CO₂ trabajar en este contexto, focalizando su actuación en las necesidades y posibilidades españolas.

El objetivo de la Plataforma Española del CO₂ es contribuir al desarrollo de las tecnologías de Captura, Transporte, Almacenamiento y uso del CO₂ y la mejora de la eficiencia energética para que la Industria y la Tecnología Española contribuyan, en el corto y medio plazo, al cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Kioto, y a largo plazo lleguen a situarnos incluso en una posición ventajosa en escenarios más exigentes de reducción de emisiones (post-Kioto).

La Plataforma pretende dar una visión de futuro respondiendo a las necesidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y coordinando el establecimiento y la implementación de un programa de desarrollo competitivo para la sociedad española.

En consonancia con el movimiento general que se está originando en relación con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera en la Unión Europea, España debe ser capaz de seleccionar, planificar y ejecutar acciones que lleguen a convertirla en exportadora de tecnología en este campo y de este modo compita en el terreno industrial y en el campo de la investigación. Se dispone, por lo tanto, de una gran oportunidad, si se aborda el reto planteado, nada sencillo, al que la Plataforma propone que se sumen los entes de la sociedad española necesariamente más involucrados: población, industria, investigación y gobierno.

La Plataforma Tecnológica Española del CO₂ (PTECO₂) es una iniciativa promovida por Empresas, Centros de Investigación y Universidades. Su visión se puede resumir así: *“Contribuir a la mejora de la eficiencia energética y al desarrollo de tecnologías de captura, transporte, almacenamiento y uso de CO₂, y a su implantación en la industria, para que España cumpla sus compromisos de reducción de emisiones.”*

Las funciones y objetivos específicos que se plantean para la Plataforma coinciden con las prioridades temáticas del Programa Nacional de Energía en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones. Caben destacarse los siguientes:

- Proponer una estrategia de investigación y desarrollo tecnológico para la mejora de la eficiencia de plantas existentes y la captura, transporte, almacenamiento y valorización del CO₂.
- Identificar y proponer las formas y utilizaciones óptimas de los combustibles fósiles, para que sean más limpios y eficientes.
- Identificar y proponer las necesidades de Investigación y Desarrollo tecnológicos para mejorar la eficiencia en el uso final de la energía.
- Identificar y proponer las necesidades de Investigación y Desarrollo tecnológicos en problemas específicos relacionados con la reducción, captura, transporte, almacenamiento y uso del CO₂.
- Preparar una planificación a corto, medio y largo plazo para la I+D+i, priorizando las necesidades.
- Impulsar proyectos de I+D en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones y captura, transporte, almacenamiento y valorización del CO₂.
- Proponer las infraestructuras necesarias para conseguir implantar estas tecnologías en España.

- Propiciar las alianzas internacionales necesarias para fortalecer el progreso tecnológico que ayuden a cumplir los objetivos de Kioto.
- Fomentar la actividad empresarial y apoyar las alianzas estratégicas para conseguir el desarrollo de la industria nacional en estas tecnologías.
- Contribuir a la definición de los aspectos regulatorios, de normalización etc. y evaluar los aspectos de su implantación: evaluar su impacto económico y medioambiental.
- Comunicar e informar a la sociedad acerca del avance y validez de estas tecnologías. Estar a disposición de las Administraciones para suministrar la información oportuna en el ámbito del CO₂.
- **Grupo de Representantes:** se ocupa de las relaciones con otras plataformas y organizaciones nacionales e internacionales.
- **Grupo Consultivo:** sirve de enlace con las administraciones públicas.
- **Grupos de Trabajo:** desarrollan los aspectos específicos relativos a su área de especialización. Inicialmente los grupos que se han definido y que vienen trabajando en su área respectiva son los siguientes:
 - Grupo de Reducción y Captura.
 - Grupo de Uso y Almacenamiento.
 - Grupo de Infraestructuras.
 - Grupo de Aspectos Regulatorios.
 - Grupo de Difusión e Información.

Estructura de la Plataforma

Para cumplir sus objetivos, se ha dotado a la plataforma de una estructura organizativa, formada por los siguientes órganos, cuya interrelación se muestra esquemáticamente en la Figura 8:

- **Consejo Rector:** ejerce la dirección de la plataforma.
- **Grupo Gestor:** ejecuta las actuaciones acordadas por el Consejo Rector y coordina la acción de los grupos técnicos.

Estos grupos son los encargados, dentro de la Plataforma, de elaborar informes y llevar a cabo trabajos que ayuden a desarrollar lo establecido en la visión estratégica de la Plataforma. en relación con la creación e impulso de una red de tecnologías de reducción a través de la eficiencia energética, captura, transporte y almacenamiento del CO₂. Pueden formar parte de los grupos de trabajo las empresas, instituciones, organismos de investigación, universidades y todos los grupos de interés social que quieran aportar su disponibilidad, conocimientos y puntos de vista en esta materia.

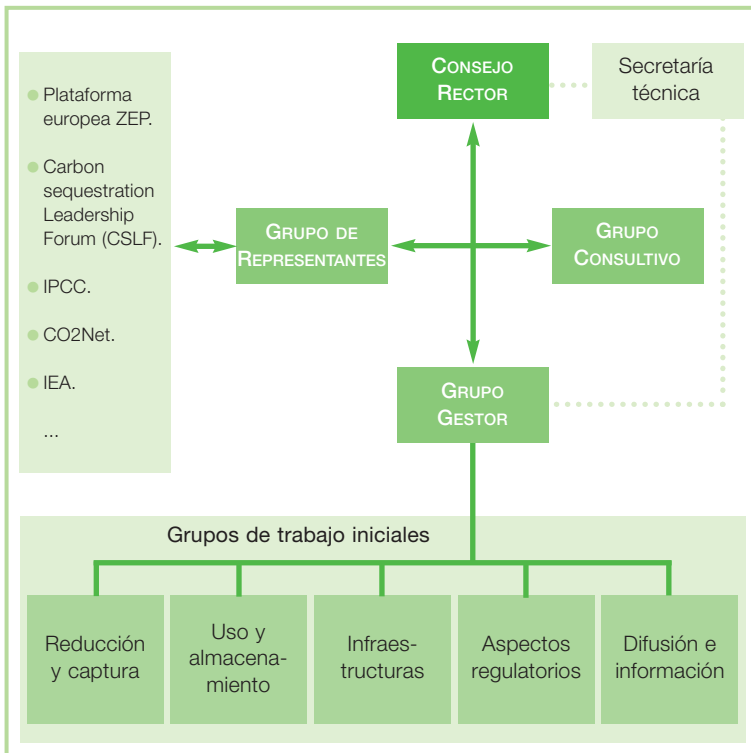


Figura 8:
Estructura de la PTECO₂.

Miembros del Consejo Rector

ARCELORMITTAL
 BESEL
 COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS
 CIEMAT
 CSIC-INCAR
 CSIC-INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA
 DURO FELGUERA
 ELCOGAS
 ENDESA GENERACIÓN
 FUNDACIÓN CIRCE
 FUNDACIÓN CIUDEN
 FUNDACIÓN GÓMEZ PARDO
 GRUPO SAMCA
 HC ENERGÍA
 HUNOSA
 IBERDROLA GENERACIÓN
 IGME
 INABENSA
 INERCO
 MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
 REPSOL YPF
 UNESA
 UNIÓN FENOSA

Una vez establecida la Visión de la PTECO₂, el trabajo más inmediato de la Plataforma se centra en elaborar, a partir de la labor de los Grupos de Trabajo, el Documento de Despliegue Estratégico y Agenda I+D+i, con el objeto de proponer un plan priorizado de actuaciones a nivel nacional que, con la participación de las Administraciones, la comunidad científica, la Industria y la sociedad, asegure el desarrollo e implantación comercial de las tecnologías de CAC en el año 2020 en España como vía esencial para obtener una reducción efectiva de las emisiones de CO₂ y, con ello, contribuir a mitigar el cambio climático. En el documento, se identifica el despliegue tecnológico más adecuado a partir de un análisis general del estado actual de las tecnologías de CAC y se presenta una agenda de I+D+i con un plan de propuestas a ejecutar a corto y medio plazo.

A continuación se detallan los objetivos de cada uno de los grupos de trabajo iniciales:

Grupo de Reducción y Captura

Desarrollar los objetivos generales en el área de reducción y captura de CO₂, incluyendo una identificación y relación de las potencialidades nacionales así como una síntesis del estado internacional de la tecnología con identificación de las más recomendables para España.

Determinar posibles socios y alianzas tecnológicas transnacionales.

Grupo de Uso y Almacenamiento

Desarrollar los objetivos generales en el área de uso y almacenamiento de CO₂, incluyendo una identificación de las potencialidades nacionales, así como una síntesis del estado internacional de la tecnología y un análisis de las opciones más recomendables para España. Su misión es identificar las necesidades tecnológicas y de conocimiento relacionadas con el almacenamiento del CO₂, así como la predicción a largo plazo: integridad del almacenamiento, monitorización, seguimiento, verificación y seguridad.

Grupo de Infraestructuras

Desarrollar los objetivos generales en el área de Infraestructuras y Transporte de CO₂, incluyendo una identificación de las potencialidades nacionales, así como una síntesis del estado internacional de la tecnología.

Analizar las más recomendables para España, así como encontrar posibles socios y alianzas tecnológicas transnacionales.

Grupo Aspectos Regulatorios

Analizar el marco regulatorio de desarrollo normativo de seguridad y evaluación ambiental, de mercados, de modelos de gestión y de instrumentos económicos y financieros necesarios para conseguir que en España las tecnologías de captura, transporte y almacenamiento y de uso del CO₂ puedan cumplir los objetivos de reducción que se establezcan.

Grupo de Difusión e Información

Identificar las labores y las estrategias de difusión e información necesarias para dar a conocer estas tecnologías a la sociedad y al público en general, en diferentes foros.

Propuestas de acción inmediata

Aunque las actuaciones concretas y su planificación están condicionadas a la elaboración del Documento de Despliegue Estratégico y Agenda I+D+i, se han identificado en la PTECO₂ algunas acciones coordinadas con la Administración que deberían tener la máxima prioridad:

- Reconocimiento de las tecnologías CAC como un epígrafe propio en los próximos Planes de Investigación y Desarrollo.

- Dotación a ese epígrafe de recursos significativos, teniendo en cuenta que confluyen aspectos de energía (seguridad de suministro y sostenimiento del sector), medio ambiente (generación limpia) e industria (posicionamiento de industria nacional con posibilidad de exportar a países en desarrollo) y que se trata de un tema de Estado (relación entre Ministerios y coordinación con las Comunidades Autónomas).
- Dar impulso y apoyo a las iniciativas que surjan desde las empresas nacionales con proyección hacia las grandes centrales de demostración que se impulsan en Europa, reforzando las que están en marcha (Fundación Ciudad de la Energía, proyecto CENIT CO₂).
- Participar activamente como país y ganar peso en foros internacionales de relevancia en este ámbito, tales

como el Carbon Sequestration Leadership Forum o el International Energy Agency GreenHouse Gases R&D Programme.

- Generar junto con la UE un marco legislativo específico para las actividades de CAC que permita el desarrollo en España de proyectos significativos (apoyará el desarrollo nacional y la colaboración internacional, pudiendo alcanzar acuerdos en cuestiones de propiedad industrial).

Asimismo, se ha diseñado una primera propuesta de itinerario tecnológico para España, que deberá ser revisada y matizada con el resultado de los documentos de agenda estratégica y despliegue estratégico, la cual se muestra esquemáticamente en la Figura 9.

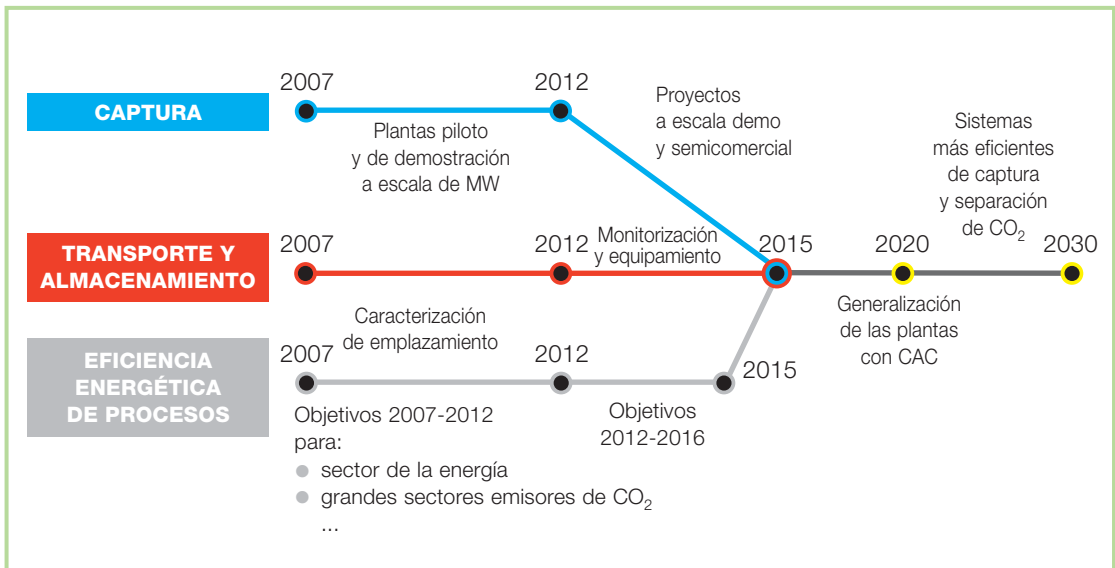


Figura 9: Propuesta preliminar de itinerario tecnológico para España.

Recomendaciones principales. Camino a seguir

Investigación, desarrollo e innovación

La PTECO₂ tiene como objetivos la creación de un entorno favorable a la inversión en I+D+i, tanto a nivel privado como a través de los planes nacionales de I+D, promover la creación de un tejido empresarial innovador y elevar la capacidad tecnológica en los procesos de mejora de eficiencia, captura, transporte, almacenamiento y valorización del CO₂. Con el fin de conseguir estos objetivos se deberían apoyar numerosas iniciativas de investigación, desarrollo e innovación. Para ello, es fundamental tener en cuenta el documento "Despliegue estratégico y agenda de I+D+i", elaborado por los grupos de trabajo en los que participan los agentes implicados, coordinados por la PTECO₂.

En estos documentos se definirán las prioridades de la I+D e innovación centradas en el desarrollo de proyectos que reduzcan las emisiones de CO₂, y se identificarán las áreas científico-técnicas donde es necesario incrementar y aunar esfuerzos en las primeras fases de la investigación.

También se debería potenciar la concreción de aspectos aún en fase de desarrollo y que frenan el avance global de las tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO₂. Algunos ejemplos son la reducción de los costes de captura (mejora de la eficiencia, aumento de la resistencia de materiales, etc.), de almacenamiento (criterios de selección de emplazamientos, sistema de monitorización, impacto ambiental y seguridad), y otros aspectos del transporte del CO₂ o del desarrollo legislativo que regule el proceso completo.

Legislación y normalización

Aunque ya se están dando los primeros pasos para disponer de una legislación específica para la tecnología de captura y almacenamiento de CO₂ (El 23 de enero de 2008 la Comisión Europea ha propuesto una Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono y por la que se modifican las Directivas del Consejo 85/337/CEE

y 96/61/CE, las Directivas 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE y el Reglamento CE nº 1013/2006), no existe ninguna legislación o normativa específica vigente actualmente para esta tecnología. Es necesario realizar un documento que tenga en cuenta, entre otras, las iniciativas propuestas en diversos países (a nivel europeo e internacional) en cuanto a la normativa que regule y aplique a sistemas de captura, transporte y almacenamiento de CO₂.

Asimismo, se aconseja el diálogo con instituciones políticas y legislativas con objeto de desarrollar la normativa nacional que responda a cuestiones de orden jurídico que surjan durante el desarrollo de estas tecnologías en nuestro país.

Evaluación de la viabilidad tecnológica y ambiental

El desarrollo de las tecnologías propuestas, de forma suficiente como para ser capaz de mitigar el efecto del cambio climático, debe descansar sobre los pilares de su viabilidad tecnológica y ambiental.

Una correcta gestión y evaluación que confirme estos aspectos contribuirá, de forma decisiva, a la realización de proyectos exitosos en nuestro país. Se recomienda la redacción de un documento en el que se especifiquen y se individualicen aspectos tales como la Evaluación de Impacto Ambiental, el análisis de Prevención de Riesgos Laborales, la aplicación de la normativa de Sistemas de Gestión Medio Ambiental, y otros que puedan considerarse a este efecto.

Divulgación y formación

La divulgación y formación centrará su objetivo en dar a conocer a toda la sociedad la tecnología de captura, transporte y almacenamiento de CO₂, y sobre todo su potencial como reductor de las emisiones de CO₂ responsables del cambio climático, promoviendo una per-

cepción positiva pública de la tecnología y formando a técnicos cualificados que puedan trabajar en este campo.

En una sociedad de la información como la que vivimos, la percepción social correcta de los nuevos desarrollos tecnológicos supondrá un esfuerzo por dar a conocer y difundir los avances alcanzados, siendo necesario adecuar e individualizar la información según los distintos grupos de interés relacionados directa o indirectamente con la tecnología. Se recomienda diseñar una estrategia de comunicación, donde se abarquen diversos medios: internet, televisión, radio, prensa, etc. y otras actuaciones más específicas, tales como seminarios de formación, jornadas técnicas, etc.

La identificación de dichos grupos de interés debe ser considerada una actividad prioritaria, para así adecuar la información a las necesidades de cada uno de ellos. Una primera clasificación de los mismos, incluida aquí a efectos indicativos y del tipo de información a transmitir podría ser la siguiente:

La Sociedad:

- El CO₂ no es un gas tóxico, ni explosivo, ni nocivo, comparado con otros gases con los que la sociedad está diariamente en contacto y habituada a utilizar en las casas (gas natural, gas butano, gas propano...).
- El incremento de la demanda de energía continúa creciendo y continuará creciendo a nivel mundial, debido principalmente a los países en vías de desarrollo. Para cubrir esta demanda será necesario utilizar todas las fuentes energéticas disponibles.
- Mientras se aumenta paulatinamente la utilización de las energías renovables, el uso de combustibles fósiles (carbón y gas natural, en el sector de generación de electricidad), continuará siendo imprescindible si se quiere asegurar el suministro energético.
- La necesidad de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es fundamental para frenar el cambio climático, y la captura y almacenamiento de CO₂ es una tecnología muy eficaz, segura y viable para conseguirlo, y el Protocolo de Kioto así lo considera.

Público General:

Es preciso que la sociedad conozca las posibilidades que ofrece la tecnología de CAC para combatir el cambio climático, incrementando la comprensión de la misma como

una de las soluciones viables junto con el desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética.

Empresas:

Se debe explicar al tejido empresarial español en general, en qué consiste la tecnología CAC y qué oportunidades puede ofrecer a sus empresas.

Instituciones políticas:

Se propone debatir todas las opciones recogidas en el Protocolo de Kioto, abriendo también el debate del almacenamiento geológico del CO₂ (tal y como se recoge en el mencionado Protocolo), como solución (y contribución) ambiental para cumplir los compromisos suscritos por nuestro país.

Asimismo se debe trabajar con instituciones locales (ayuntamientos) y regionales (comunidades) para que comprendan en qué medida el desarrollo tecnológico propuesto puede o no permitir la creación de puestos de trabajo y de otras industrias y su contribución de cara a preservar el medio ambiente, manteniéndose al mismo tiempo el crecimiento económico y la sociedad del bienestar.

Medios de comunicación:

La estrategia de comunicación debe llegar al mayor público posible, evitando sensacionalismos y basándose en una información seria, rigurosa y responsable.

Grupos científicos e investigadores:

La PTECO₂ debe constituirse en el foro y en el medio de transmisión de las investigaciones realizadas por grupos nacionales o internacionales de distintas áreas científicas.

Por otro lado, el desarrollo de nuevos proyectos de investigación y desarrollo tecnológico relacionados con esta área científica, tanto a nivel nacional como europeo, supondrá un incremento en el volumen de información. Es necesaria una correcta gestión del conocimiento generado, capaz de prevenir la duplicidad de esfuerzos, la pérdida de conocimiento o la compartimentación de la misma.

Referencias

AIE (2006). *Perspectivas sobre Tecnología Energética, Escenarios y Estrategias hasta el año 2050*, OECD/IEA.

Herzog, H. and Falk-Pedersen, O. *The Kvaerner Membrane Contactor: Lessons from a case study in how to reduce Capture Cost*.

IEA (2001). *IEA Greenhouse Gas R&D Programme 10th anniversary report 1991-2001*. IEAGHG.

IPF, ADEME, BRGM (2005). *CO₂ Capture and Geological Storage*.

Informe de España: demostración de progreso en virtud del artículo 3.2 del protocolo de Kyoto (2005).

IPCC (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage. IPCC Special report*. Cambridge University Press.

MITC, Secretaría General de la Energía (2005). *La energía en España*, 2005.

Odenberger, M., & Svensson, R. (2003). *Transportation Systems for CO₂ - Application to Carbon Sequestration. Department of energy conversion*. Chalmers university of Technology. Sweden.

PowerClean (2004). *Fossil Fuel Power Generation: State-of-the-Art, PowerClean Thematic Network*, <http://www.powercleannet.net>.

Torp, Tore A. & Gale, John. (2003). *Demonstrating storage of CO₂ in geological reservoirs: The Sleipner and SACS projects*. IEA Greenhouse Gas R&D Programme.

UNFCCC (2006). http://unfccc.int/files/essential_background/Kioto_protocol/application/pdf/kpstats.pdf.

WETO (2003). *World Energy Technology and Climate Policy Outlook (WETO)*, EC, Brussels.

ZEP (2006). *A Vision for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants*, EC, Brussels.



Impreso sobre papel reciclado 100%



Subvencionado por:

e-mail: info@pteco2.es
web: www.pteco2.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN