

## CURSO DE VERANO

### Tecnologías de captura, almacenamiento y usos del CO<sub>2</sub>

#### Conclusiones

##### FECHAS CURSO (01-05 de julio de 2019)

1. El cambio climático es el principal reto del siglo XXI, por la dimensión de sus efectos, por el alcance del problema y por el reto tecnológico, político y económico que supone la búsqueda de soluciones a nivel internacional.
2. El IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) ha jugado desde 1990 (y sigue jugando) un papel fundamental en la orientación a los gobiernos en la adopción de medidas correctoras y preventivas para afrontar el cambio climático. Dichas medidas implican respuestas para la mitigación (freno a la acumulación de los GEI, Gases de Efecto Invernadero), y la adaptación a los impactos adversos del cambio climático.
3. La negociación internacional, basada en compartir información y adquirir compromisos por parte de los países es fundamental. Los Protocolos Internacionales, Cumbres de las Naciones Unidas y Acuerdos Mundiales (el último, el Acuerdo de París en 2015), han sido esenciales – y lo siguen siendo – para avanzar en un frente común para dar soluciones al problema del cambio climático.
4. Fruto de estos acuerdos, el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones constituye una herramienta complementaria para llegar a cumplir los objetivos marcados en los protocolos de lucha contra el cambio climático. Se basa en la compra/venta de derechos de emisión entre países emisores.
5. Es un objetivo general de la U.E. conseguir un creciente porcentaje de contribución de las Energías Renovables en el conjunto de las fuentes energéticas primarias (especialmente solar, eólica y biomasa), como lo demuestran las progresivas inversiones en estas tecnologías y la consecuente reducción de los costes de inversión. Sin embargo, ello no se traduce en una disminución del coste de la electricidad, debido al carácter intermitente de este tipo de energías, que encarece su coste de explotación.
6. A pesar de ello, en el año 2030, casi 3/4 partes de la energía primaria en la U.E. será no renovable (fósil y nuclear), como confirman datos de los sectores productores de energía y de la Agencia Internacional de la Energía (I.E.A.).
7. En España, la hoja de ruta hasta el año 2030 incluye un “Marco estratégico de la energía y el clima”, en el que se incluyen: un proyecto de “Ley del cambio climático y transición energética”,

un “Plan integrado de energía y clima” (que incluye un plan de captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub>), y una “Estrategia a largo plazo de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>”. Con ello, se espera para 2030 un 21% de reducción de las emisiones (respecto a a1990), un 42% de participación de las Energías Renovables, un 40% de mejora de la eficiencia energética y un 74% de energía eléctrica proveniente de las Energías Renovables.

8. Siendo importantes todas las fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>, en España las emisiones más importantes por sectores, corresponden al transporte (27%), la industria (22%, de la cual un 12% corresponde al carbón), la combustión estacionaria (13%) y los sectores residencial y comercial (12%).
9. Las tecnologías actuales para la captura del CO<sub>2</sub> en fuentes de emisión estacionarias, se basan en tres conceptos: a) Post-combustión (el CO<sub>2</sub> se separa del nitrógeno tras la combustión del combustible con aire); b) Oxidación (similar a la anterior, pero se utiliza oxígeno en vez de aire para la combustión, lo que implica la separación previa del nitrógeno y el oxígeno del aire); y c) Pre-combustión (con etapas previas de gasificación o reformado del combustible fósil para producir H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, más fáciles de separar). En la Post-combustión la técnica de separación final del CO<sub>2</sub> se lleva a cabo por disolución en aminas líquidas (absorción química), siendo éste un proceso reversible.
10. Además de la técnica de captura de las moléculas de CO<sub>2</sub> en aminas en fase líquida (absorción química), desarrollada actualmente a escala industrial, resultan muy prometedoras las técnicas de captura por adsorción en materiales sólidos muy porosos, adsorbentes selectivos por las interacciones que se establecen entre los grupos amino que contienen (previa inclusión de los mismos) y las moléculas de CO<sub>2</sub>. Entre estos materiales porosos destacan los carbones activos, las zeolitas, los materiales silíceos meso-estructurados y los MOFs (Metal-Organic Frameworks). Todos ellos están actualmente en fase de investigación y desarrollo.
11. La captura directa del CO<sub>2</sub> del aire donde se encuentra a muy baja concentración es un nuevo concepto que se encuentra en estudio actualmente, si bien está lejos de ser competitivo económicamente (aprox. 200 €/tn de CO<sub>2</sub> capturado). Sus principales ventajas son que no hay límite de localización de las instalaciones y sobre todo que no requieren de ningún otro tratamiento previo.
12. El transporte de CO<sub>2</sub> se realiza en condiciones de alta presión, buscando obtener unas condiciones próximas a las supercríticas (31°C – 73bar), que permiten tener una alta densidad (similar a la de un líquido) con una baja viscosidad (similar a la de un gas). Los parámetros críticos que determinan el método a utilizar para el transporte son el volumen de CO<sub>2</sub> (caudal) y la distancia.
13. El transporte de CO<sub>2</sub> se puede realizar a gran escala de forma económicamente viable empleando dos métodos conocidos en la industria gasística: a) mediante tuberías a alta presión (80 bar) denominadas ceoductos, siendo este método ideal para distancias inferiores a 200 km; b) por

barco, a baja temperatura (-50°C) y presión moderada (7-9 bar) para grandes distancias con ruta marítima.

14. Existen diferentes formas posibles de almacenamiento del CO<sub>2</sub>: a) Inyección en océanos, prohibida por tratados internacionales; b) Carbonatación mineral, poco viable a gran escala por el elevadísimo consumo de óxido de calcio; c) Almacenamiento geológico, ya demostrado en la actualidad en proyectos de la industria del gas natural y del petróleo. Los almacenes geológicos de mayor interés son los propios yacimientos agotados de combustibles fósiles, aunque también se pueden emplear almacenes de agua salada subterránea.
15. El almacenamiento geológico requiere de una profundidad media de unos 800 m para alcanzar las condiciones de presión adecuada, así como de unas características geológicas, morfológicas y de composición del terreno adecuadas. Es necesario encontrar una capa de roca porosa y permeable, acompañada de una capa impermeable que haga de sello para evitar o minimizar las fugas al exterior. En España se ha realizado un estudio geológico intensivo para definir un mapa con potenciales zonas de almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Dichas zonas no coinciden en todos los casos con los principales focos de emisión de CO<sub>2</sub>, lo que obligaría al transporte mediante ceoductos, y en algún caso al empleo de barcos.
16. Debido al cierre de las centrales de carbón en España, se prevé que la utilización de almacenes geológicos de CO<sub>2</sub> en nuestro país responderá más al uso del sector industrial de emisiones que del propio sector eléctrico. El inicio de este tipo de operaciones responderá a un interés económico cuando el coste de emisión (cotización de la tonelada de CO<sub>2</sub> en el mercado) compense la construcción y explotación de instalaciones de almacenamiento.
17. Existen numerosas aplicaciones industriales de uso directo de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, en la industria de la alimentación y las bebidas carbonatadas, en el envasado de alimentos, en aplicaciones de congelación criogénica, en invernaderos agrícolas para mejorar y acelerar el crecimiento de cultivos, como fluido de transporte térmico, como agente anti-incendios en extintores, etc. No obstante, la demanda de CO<sub>2</sub> de estos sectores ya implantados es muy inferior en escala a lo generado por el ser humano en procesos de combustión, por lo que por sí solos no serán capaces de absorberlo.
18. Además, el CO<sub>2</sub> puede utilizarse como materia prima para su conversión química mediante procesos de reducción para obtener multitud de productos, desde gas de síntesis (CO+H<sub>2</sub>) hasta hidrocarburos y otras moléculas orgánicas con aplicación en multitud de sectores (combustibles, productos químicos, materiales, polímeros, disolventes, etc.). Entre los procesos estudiados para el aprovechamiento químico del CO<sub>2</sub> se encuentra la catálisis en sus diferentes formas: catálisis química, fotocatálisis, electrocatálisis, y combinaciones de las mismas. No obstante, todas estas aplicaciones se encuentran en fase de investigación o de desarrollo inicial, dada la elevada dificultad para transformar una molécula tan estable como es el dióxido de carbono. Suelen ser procesos que demandan una alta cantidad de energía, por lo que ambientalmente solo tendrán

sentido si dicho aporte energético procede de una fuente renovable barata, como por ejemplo los excedentes de producción fotovoltaica o eólica en momentos de baja demanda.

19. Proyectos punteros de I+D en actual desarrollo ofrecen nuevas perspectivas, muy prometedoras, para afrontar el reto de la captura y aprovechamiento de CO<sub>2</sub>. Uno de ellos, llevado a cabo en IMDEA Energía (situado frente al Campus de Móstoles de la URJC), y denominado “Sun to Liquid”, se basa en utilizar energía solar concentrada mediante reflexión en un campo de espejos, para producir en un reactor solar combustibles líquidos (queroseno) a partir del CO<sub>2</sub> y el agua, mediante reacciones químicas a elevada temperatura (1500°C) de tipo Fischer-Tropsch. Los actuales estudios se centran en mejorar las condiciones técnicas de diseño y operación para elevar los rendimientos de conversión actuales. Este proyecto se considera un claro caso de éxito, que podría desarrollarse a gran escala en un futuro
  
20. Otros casos de éxito en algunos procesos directamente relacionados con la captura de CO<sub>2</sub> y su posterior utilización demuestran la viabilidad de las nuevas estrategias desarrolladas por algunos sectores empresariales. Este es el caso de empresas como TECNALIA, con proyectos de éxito en la captura del CO<sub>2</sub> post-combustión mediante tecnologías de carbonatación/calcinación y uso de adsorbentes de bajo coste, y membranas de separación selectivas (Proyectos “MenosCO<sub>2</sub>”, “Member”, “LowCO<sub>2</sub>”, “RenovaGas”, “SmartgreenGas”, “Malta”, etc.). Es el caso también de REPSOL, empresa comprometida en la reducción de la intensidad de carbono a corto y largo plazo, y alineada a las estrategias europeas para 2040. Los frentes en los que esta empresa puede considerarse modelo de éxito son: considerar el precio interno del carbono en todas las nuevas inversiones, la mejora de la eficiencia energética en todas sus instalaciones, impulso al gas natural y a los biocombustibles frente a combustibles fósiles más contaminantes y la apuesta por las energías renovables de bajas emisiones, las tecnologías punteras de futuro (fotosíntesis artificial, polímeros de CO<sub>2</sub>, y también inversiones en tecnologías emergentes de captura y conversión de CO<sub>2</sub>, particularmente en empresas start-ups de ámbito internacional.
  
21. El futuro puede parecer incierto, pero también prometedor, si somos capaces de tomar conciencia del problema del cambio climático, difundir y fomentar las actuaciones a nivel individual, social, profesional y empresarial. Las nuevas generaciones de profesionales y responsables de empresas, organizaciones y administraciones, actualmente en las aulas universitarias, serán capaces de afrontar con éxito y resolver los retos que tenemos hoy planteados. Cursos como el presente seguirán aportando su granito de arena para la motivación y estímulo a las nuevas generaciones que tomarán el testigo.

Móstoles, a 5 de julio de 2019

Guillermo Calleja  
Director del Curso

Gabriel Morales  
Secretario del Curso