

Posibilidades de recuperación de metano en capas de carbón y almacenamiento de CO₂ en la zona Riosa-Olloniego (Cordillera Cantábrica, España)

J. Sastre Álvaro

Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.). Área de Recursos Minerales, Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente
E-mail: j.sastre@igme.es

RESUMEN

El aumento progresivo, tanto de la población mundial como de su nivel de desarrollo, ha originado una demanda creciente de energía cuyo origen principal son los combustibles fósiles. La combustión de éstos supone una fuente extra de CO₂ que el Planeta Tierra no es capaz de asimilar. Una opción para evitar la mezcla de este gas en la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero sería su almacenamiento en estructuras geológicas adecuadas. Por otro lado, la extracción del metano (CH₄) adsorbido por el carbón adquiere gran interés debido a la paulatina desaparición del petróleo que cede parte de su protagonismo al gas natural. Asimismo, la importancia de extraer el metano contenido en las capas de carbón es aún mayor, ya que la liberación a la atmósfera de este gas en las explotaciones de carbón supone un efecto veinticuatro veces mayor que la correspondiente emisión de CO₂. Estudios realizados con anterioridad muestran la Cuenca Carbonífera Asturiana como la de mayor contenido en metano de la península, zona donde se centrarán las actividades de la Tesis. En primer lugar, se llevará a cabo un estudio de los carbones de la Cuenca Central Asturiana, en particular el área de Riosa-Olloniego. En dicho estudio se pretenderá determinar de una forma más precisa la cantidad de gases contenidos y la composición elemental e isotópica de éstos. Se estudiarán las características petrofísicas de los carbones (composición maceral, reflectividad de la vitrinita, poder calorífico superior (PCS), porcentaje de volátiles,...). Dicha labor necesita la base de un estudio previo utilizando toda la bibliografía disponible. Todos los datos obtenidos de este estudio previo, así como de los análisis realizados al carbón serán incluidos en una base de datos con el fin de poder realizar modelos tridimensionales de su geometría en profundidad, curvas de isovalores, información de sondeos, calicatas,... Más tarde, una vez se haya demostrado la posibilidad de extracción de metano de las capas de carbón, se analizará la posibilidad de almacenamiento geológico del CO₂ con recuperación de metano en dichas capas, Enhanced CoalBed Methane (ECBM); para ello, una herramienta imprescindible son las isoterms de adsorción (% contenido en gases / presión). Por último, se valorará la opción del almacenamiento geológico del CO₂ en formaciones permeables profundas, en particular, las Calizas de Montaña de la Cuenca Central Asturiana, que constituyen la base de toda la cuenca carbonífera de la zona. Para ello se estudiarán los análogos industriales de diversos proyectos internacionales llevados a cabo.

Palabras clave: almacenamiento de CO₂, Cordillera Cantábrica, metano en capas de carbón

Possibilities of enhanced coalbed methane and CO₂ storage in Riosa-Olloniego area (Cordillera Cantábrica, Spain)

ABSTRACT

The progressive increase, both of the world population and of his level of development, has caused an increasing demand of energy which principal source are the fossil fuels. The combustion of these supposes an extra source of CO₂ that the Planet earth is not capable of assimilating. An option to avoid the mixture of this gas in the atmosphere contributing to the greenhouse effect could be its storage in geologic suitable structures. On the other hand, the extraction of the methane (CH₄) adsorbed by the coal acquires big interest due to the gradual disappearance of oil that transfers part of his leading role to natural gas. Also, the importance of extracting the methane contained in the coal layers is even major, since the liberation to the atmosphere of this gas in coal mines supposes an effect twenty-four times greater than the corresponding emission of CO₂. Studies realized in advance show the "Cuenca Carbonífera Asturiana" as that of major contained methane zone where they will centre on the activities of the Thesis. First of all, there will be carried out a study of the coal from the "Cuenca Central Asturiana", in particular the area of Riosa-Olloniego. In the above mentioned study, we will try to determine more accurately the quantity of contained gases and their elementary and isotopic composition. There will be studied petrophysic characteristics of coals (maceral composition, reflectivity of the vitrinite, calorific top power (CTP), percentage of volatile,...). The above mentioned work needs the base of a previous study using the whole available bibliography. All the obtained information from this previous study, as well as from the analyses realized to the coal they will be included in a database in order to be able to realize three-dimensional models of its geometry in depth, isovalues curves, information from wells, trial pits,... Later, once there has been demonstrated the possibility of extraction of methane from the coal layers, there will be analyzed the possibility of geologic storage of

CO₂ with recovery of methane in the above mentioned layers, Enhanced CoalBed Methane (ECBM); for it, an essential tool are the adsorption isotherms (% contained in gases / pressure). Finally, there will be valued the option of the geologic storage of CO₂ in permeable deep formations, in particular, the Calizas de Montaña of the "Cuenca Central Asturiana", which constitute the base of the whole coal-bearing basin of the zone. For it, there will be studied the similar industrialists of diverse international projects carried out.

Key words: Cantabrian Mountains, coalbed methane, CO₂ storage

Introducción

Según diversas fuentes (IPCC, UAH, NRC,...) en los últimos 200 años, se está notando una subida general de la temperatura global, (figura 1).

La principal causa de este calentamiento es el efecto invernadero. De entre los gases de efecto invernadero más importantes se encuentran el CO₂, el metano (cuyo efecto es 24 veces mayor que el del CO₂), compuestos fluorocarbonados, los óxidos de nitrógeno y el vapor de agua. Sin embargo, no todos contribuyen de la misma manera al efecto invernadero. El CO₂ supone el 49% del efecto invernadero por lo que es muy conveniente proponer medidas para la reducción de sus emisiones.

El origen antrópico más importante de emisiones de CO₂ es el de la generación eléctrica y automoción, muy por encima de otras fuentes como los residuos, la agricultura o la quema de bosques. Por lo tanto, se tratará de reducir las emisiones de CO₂ derivadas del sector energético. Para ello, una opción podría ser la reducción del consumo de energía, para lo cual

se debería reducir, bien la población, bien el desarrollo tecnológico, ya que el consumo de energía está íntimamente ligado a estos dos factores. Obviamente, esta opción es totalmente inviable. Por otro lado, otra opción sería la mejora de la eficiencia energética, tanto en la generación eléctrica como en su utilización. Asimismo, se intentará conseguir una reducción del uso de combustibles fósiles.

Estas dos últimas opciones no serán capaces por sí solas de reducir notablemente las emisiones de CO₂, por lo que se antoja necesaria la opción del almacenamiento geológico del CO₂ como un gran apoyo para la reducción de las emisiones.

Según la Agencia Internacional de la Energía, de seguir con la tendencia de consumo actual, las emisiones no sólo no se reducirían, sino que irían en aumento a lo largo de los años, (figura 2).

Cumpliendo el Protocolo de Kyoto, este incremento se reducirá, pero solamente con la captura y almacenamiento geológico de CO₂ se evitaría este incremento, manteniendo los valores de emisión actuales.

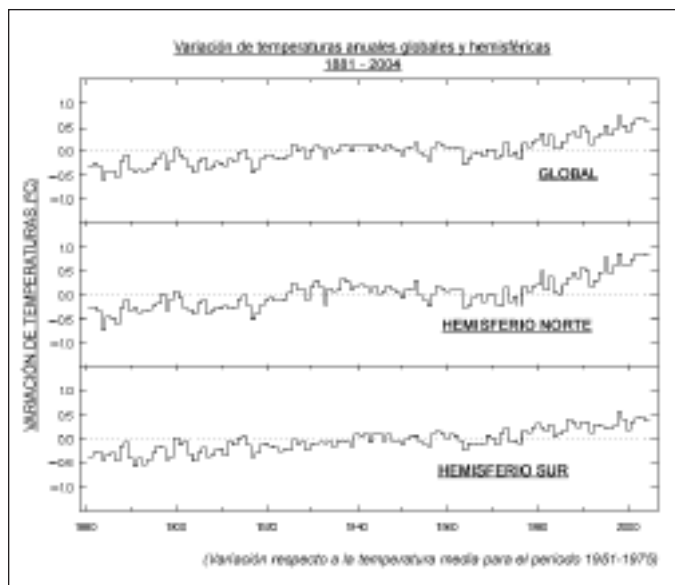


Fig. 1. Tendencia global de temperaturas. Modificado de K.M. Lugina (2004)
 Fig. 1. Global temperature evolution. Modified from K.M. Lugina (2004)

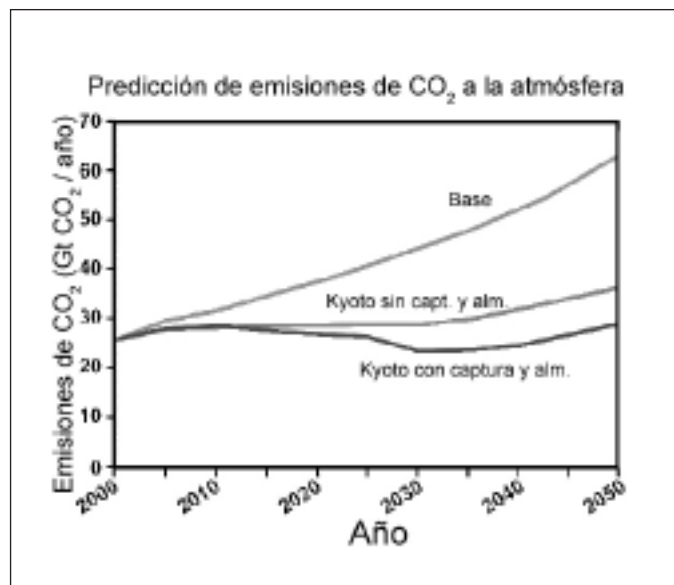


Fig. 2. Predicción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Modificado de IEA (2004)
 Fig. 2. Prediction of CO₂ emissions to the atmosphere. Modified from IEA (2004)

Posibilidades de almacenamiento

El CO₂ puede ser almacenado en diferentes estructuras geológicas. Por un lado, se pueden utilizar yacimientos de gas o petróleo depletados con o sin recuperación de éstos. En este caso, las opciones a considerar son el almacenamiento en formaciones permeables profundas y el almacenamiento en capas de carbón con o sin recuperación de metano, ya que son las opciones más favorables en la zona de estudio (Riosa-Olloniego). No obstante, existen otras opciones como el almacenamiento en domos salinos, basaltos o el secuestro en serpentinas.

Según Zapatero Rodríguez, director del grupo de investigación de CBM del IGME, la Cuenca Carbonífera Asturiana posee más del 50% de CBM de España, motivo por el cual se ha seleccionado esta zona. Dentro de todas las cuencas asturianas, la mejor opción sería la Cuenca Central debido a la gran proximidad a numerosos centros de emisión. La zona de Riosa-Olloniego posee estructuras bastante más simples que las demás zonas y además, posee una densidad de gas por km² bastante mayor que el resto, por lo que el estudio se centrará en dicha zona.

Almacenamiento en capas de carbón

El carbón, generalmente, contiene en mayor o menor medida una cantidad de gases en cuya composición se encuentra el metano en gran proporción. Estos gases se encuentran bien retenidos por capilaridad, bien absorbidos en sus poros o bien adsorbidos en su superficie formando una capa monomolecular, suponiendo el 90% del gas contenido en ese carbón.

El carbón posee mayor capacidad de adsorción para el CO₂ que para el metano (aproximadamente entre 4 ó 5 veces mayor). Esta propiedad se ve reflejada en los gráficos de isoterma de adsorción (figura 4), obtenidas mediante ensayos de laboratorio donde se muestra la cantidad de cada gas adsorbido para un tipo de carbón, una presión y una temperatura dadas.

Las características de las capas de carbón requeridas para el almacenamiento de CO₂ son las siguientes:

- Capas con la mayor continuidad posible.
- Fallas no conectivas.
- Permeabilidad moderada.
- Profundidad que asegure la no minabilidad del carbón.
- Potencia acumulada grande.
- Saturación en metano.

Para calcular el volumen aproximado que se podrá almacenar se utilizará la siguiente expresión empírica:

$$V = 0,07154 \cdot A \cdot h \cdot \rho \cdot C_{CH_4} \cdot r_{CO_2/CH_4}$$

en la que:

V = Capacidad de almacenamiento de CO₂ (T).

A = Área de la formación carbonosa (m²).

h = Potencia de la formación carbonosa (m).

ρ = Densidad del carbón (T/m³).

C_{CH₄} = Adsorción de CH₄ medida (m³/T).

r_{CO₂/CH₄} = Ratio de adsorción medido en isoterma.

De ahí la importancia de conseguir todos estos parámetros.

Almacenamiento en formaciones permeables profundas

Para el almacenamiento en formaciones permeables profundas se requerirá una gran extensión, una profundidad superior a los 800 m que asegure una presión que mantenga el CO₂ en estado supercrítico (a valores de presión y temperatura superiores a 7.38 MPa y 31,1 °C respectivamente el fluido adopta propiedades intermedias a las del gas y el líquido) y reducir su volumen 500 veces; unos valores determinados de porosidad, permeabilidad y salinidad; una formación no fracturada y aislada de posibles recursos explotables y con un sello con unas determinadas propiedades que aseguren la estanqueidad del almacén.

En la Cuenca Central Asturiana, una buena opción a estudiar sería la Formación de Calizas de Montaña que forman el basamento de toda la cuenca carbonífera, aunque no se descartan otro tipo de formaciones que puedan resultar de interés.

Del mismo modo que con el carbón, se puede calcular de manera aproximada la capacidad de almacenamiento en formaciones permeables profundas mediante la siguiente expresión,

$$V = \frac{7758 \cdot \varphi \cdot A \cdot h \cdot s_{CO_2}}{1000}$$

siendo:

V = Capacidad de almacenamiento de CO₂.

φ = Porosidad efectiva de la formación.

A = Área de la formación acuífera.

h = Potencia de la formación.

s_{CO₂} = Solubilidad del CO₂ en la salmuera.

No obstante, en próximos estudios se realizarán modelos hidrogeológicos para calcular con mayor precisión la capacidad de almacenamiento de cada formación.

Por lo tanto, la metodología a seguir con estos dos tipos de almacenamiento sería:

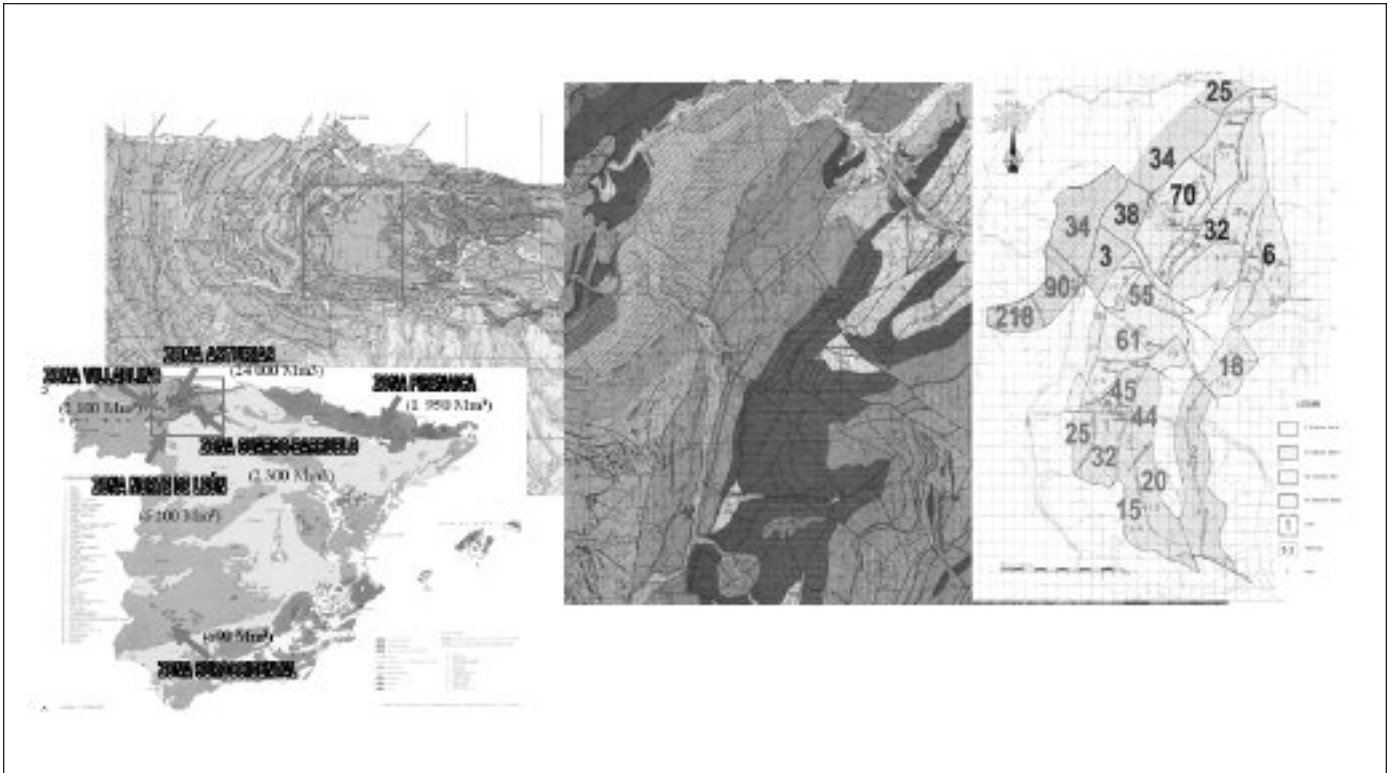


Fig. 3. Localización del estudio
 Fig. 3. Location of the study area

- En primer lugar, realizar análisis de isothermas de adsorción tanto en carbón como en otras litologías (figura 5).
- Más adelante, se establecerá una base de datos con los parámetros más importantes que nos permita mediante la utilización de SIG la elección de zonas favorables y seguras para el almacenamiento.
- Ya por último, se realizará un estudio económico de las distintas posibilidades incluyendo todo el proceso de captura y almacenamiento, evaluando su rentabilidad.

Recuperación del metano en capas de carbón (CBM)

La recuperación del gas contenido en el carbón (CBM) supondría un aumento de esta rentabilidad. CBM son las siglas de la expresión inglesa "CoalBed Methane" que significa "Metano en capas de carbón". El carbón posee una superficie específica muy elevada (de hecho, un solo gramo de carbón contiene una superficie equivalente de 100 m²).

Para encontrar gas en su interior, es necesario contar con unas condiciones específicas. Por un lado,

el contenido en gas depende del rango o grado de maduración del carbón (a más rango, mayor cantidad de gas). Por otro lado, cuanto mayor porosidad tenga ese carbón, mayor cantidad de gas será capaz de almacenar.

Más adelante, también serán necesarias unas condiciones adecuadas para su producción. Es necesaria una permeabilidad adecuada que permita la correcta circulación del gas). En su extracción se disminuye la presión de modo que se consiga la desorción del gas y su circulación por las fracturas y *cleats*, que son un sistema de fisuras perpendiculares a la estratificación denominadas *Butt* y *Face*, fundamentales para la desorción del gas, figura 6.

Actualmente, el metano goza de gran importancia en el mercado. La creciente demanda de energía unido a una mayor cantidad de reservas mundiales de gas natural en comparación con el petróleo, junto a un esfuerzo en innovación tecnológica en este campo hace que cada vez cobre más fuerza la producción del gas natural, figura 7.

Así pues, la metodología a seguir en la evaluación de los recursos de CBM es la siguiente:

1. Una recopilación de material bibliográfico, tanto propia del IGME como información externa.

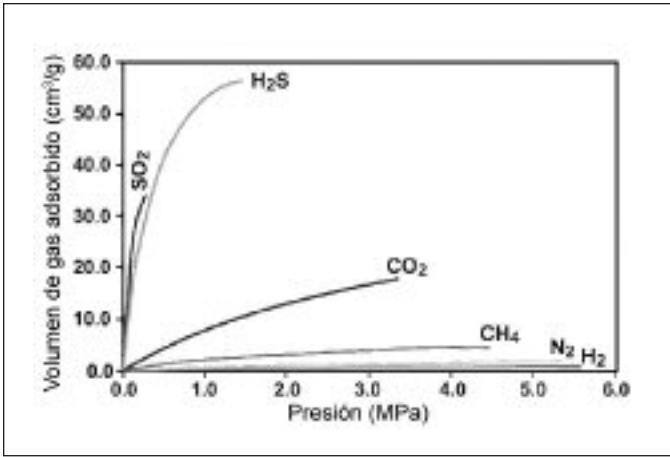


Fig. 4. Isothermas de adsorción en carbón. Modificado de Chikatarmarla y Bustin (2003)

Fig. 4. Coal adsorption isotherms. Modified from Chikatarmarla and Bustin (2003)

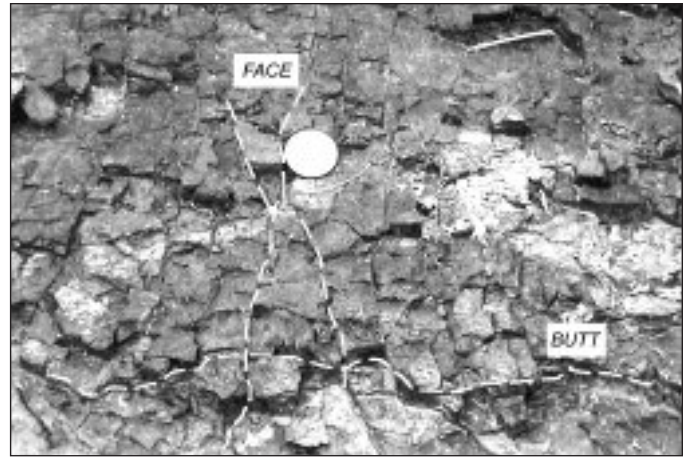


Fig. 6. Presencia de cleats en el carbón

Fig. 6. Cleats in coal seams

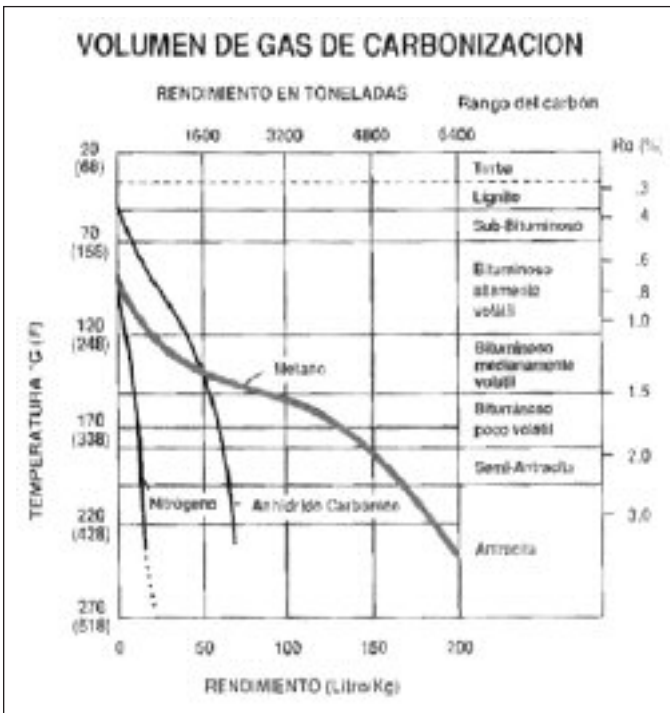


Fig. 5. Contenido en gas por temperaturas. Modificado de Darrel L. Hoyer (1990)

Fig. 5. Gas content vs temperature. Modified from Darrel L. Hoyer (1990)



Fig. 7. Energía mundial comercializada por tipo de fuente. Modificado de la EIA

Fig. 7. Global commercialized energy according to energy sources. Modified from EIA

2. Una caracterización del carbón mediante análisis de muestras tomadas in-situ en pozos abiertos y afloramientos de distintos parámetros (porosidad, permeabilidad, PCS, reflectancia de la vitrinita, capacidad de adsorción, fracturación,...).

3. Del mismo modo, se caracterizará el gas contenido en el carbón, analizando su composición y otras propiedades como la densidad, el índice de sequedad...

4. Con todas estas propiedades se realizará una base

de datos que se podrá integrar en un SIG o en aplicaciones CAD con el objeto de crear modelos tridimensionales de la geología de subsuelo y de sus propiedades.

Referencias

- Agencia Internacional de la Energía. (IEA), EE.UU., 26/08/05, <http://www.iea.org>
- Darrel, L. Hoyer. Recuperación de metano de los yacimientos carboníferos; resumen técnico; RESUMEN. Union Texas Petroleum.
- Departamento de Energía Norteamericano (DOE), EE.UU., 13/06/05, <http://www.energy.gov>
- Energy Information Administration (EIA), EE.UU., 30/08/05, <http://www.eia.doe.gov>
- I.G.M.E. 1985. Actualización del inventario de recursos nacionales de carbón. Ministerio de Industria y Energía. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Lugina, K.M. *et al.*, Global and zonal temperature deviations (seasonal and annual), Rusia, 13/09/05, <http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/lugina>
- Laxminarayana, C. y Marc Bustin, R. 2003. Volumetric Swelling/Shrinkage Characteristics of Western Canadian Coals: Implications for Sequestration of Acid Gases. 2003 Seattle Annual Meeting Paper No. 92-3.
- Pendás, F. *et al.* 2004. Estudio de los recursos de metano en las capas de carbón (CBM): antecedentes y valoración de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias y cuencas adyacentes. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo, Oviedo.
- Zapatero, M.A., Martínez Orio, R. y Suárez Díaz, I. 2004. Inventario de metano en capa de carbón, CBM-CMM en España. Posibilidades de almacenamiento geológico de CO₂. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Recibido: diciembre 2005

Aceptado: julio 2006