

# El papel del carbón en el sector energético español

## Confinamiento Geológico del CO<sub>2</sub>

Angel Cámara Rascón  
5 de Noviembre de 2008

Los planes y proyectos para mitigar el cambio climático

## España es capaz de almacenar

Una plataforma de entidades

ARACELI ACOSTA  
MADRID. «Quitar de la circulación el CO<sub>2</sub> que emiten las industrias». Esto es, muy gráficamente, el objetivo último de la Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub> (PTECO), formada por 34 entidades privadas del sector industrial y tecnológico, incluidas en el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea, y por 36 organismos públicos del ámbito educativo e investigativo.

Creada en el año 2006, ayer hicieron una presentación oficial, una vez que han terminado lo que ellos llaman «el itinerario tecnológico para España», un plan a ejecutar a corto y medio plazo y que comprende 14 propuestas para la realización de estudios, proyectos e itinerarios de investigación en las áreas de reducción y captura, uso y almacenamiento de CO<sub>2</sub> e infraestructuras. Para su desarrollo, la Plataforma cree que es necesaria una inversión de 304 millones de euros.

Según explicó Santiago Sabugal, presidente de PTECO, el objetivo es que en el año 2010 esté operativa la planta experimental de captura y almacenamiento de carbono de CIUDEN en El Bierzo; en 2015 haya al menos una planta operativa de demostración a nivel comercial y, a partir de 2020, se produzca la transformación a escala masiva del parque técnico incorporando centrales de alta eficiencia con esta tecnología.

### Exportar y no comprar

En contra de los que ven en esta tecnología una forma de esconder bajo la alfombra las emisiones de gases de efecto invernadero, en lugar de evitarlas, Sabugal dijo que aunque se apueste por un modelo basado en las energías renovables siempre va a haber procesos en muchos sectores industriales que necesitan de la quema de combustibles fósiles. Por tanto, «esta es una tecnología clave y nuestro objetivo es que España sea desarrolladora y exportadora y no compradora» de esta técnica.

En este sentido, Juan Carlos Abanades, investigador del Instituto del Carbón, del CSIC, aseguró que «las tecnologías

# El sueño de enterrar el CO<sub>2</sub>

## España busca suelos aptos para almacenar el principal gas invernadero

ANTONIO CERRILLO  
Barcelona

Cuando el enemigo es muy peligroso, mejor hacer que desaparezca. Esta parece ser la máxima que rigió los proyectos de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) puestas en marcha para enterrar el principal causante del cambio climático: el CO<sub>2</sub>. Y España también se afana con ahínco en este mismo objetivo. El Instituto Geológico y Minero de España estudia los emplazamientos subterráneos susceptibles de acoger estos gases. Y hoy se presenta la Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub>, que reúne a 70 entidades públicas y privadas (eléctricas como Endesa o Unión Fenosa, ministerios, centros de investigación y universidades) con la voluntad de impulsar 14 proyectos para fomentar las nuevas tecnologías para retener el CO<sub>2</sub> en las chimeneas industriales y mitigar el calentamiento.

Conseguir que el CO<sub>2</sub> que emiten las térmicas (y otras industrias intensivas en energía) deje de ser expulsado a la atmósfera y se entierre bajo tierra es el gran atajo que se busca para reducir la emisión de gases que calientan el planeta. Y la iniciativa cuenta ya con el aval del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de la ONU, que elaboró un informe especial al respecto en el 2006. Además, la UE ha elaborado una propuesta de directiva para regular las autorizaciones para el almacenamiento del CO<sub>2</sub> bajo tierra en cada país.

Las investigaciones en este campo están cada vez más avanzadas, y sus partidarios las ven como una solución imprescindible. «La UE se propone recortar entre un 20% y un 30% sus emisiones

### Áreas susceptibles de acoger almacenes subterráneos

Formaciones salinas profundas donde el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) centra los estudios para el posible almacenamiento de CO<sub>2</sub>



### Hacia una electricidad más limpia

«Los proyectos de captura y almacenamiento son clave para que países como China e India, que tienen acceso a grandes cantidades de carbón, acepten compromisos de limitación de sus emisiones con estas tecnologías, pues en el nuevo protocolo contra el cambio climático (post-Kioto: a partir de 2012) se incluirán entre los proyectos de inversión en desarrollo limpio que permite a las naciones industrializadas recortar sus gases en los inventarios nacionales», explica Jordi Ortega, director de Expo CO<sub>2</sub> de Barcelona. Ahora, el carbón de las térmicas emite 850 gramos de CO<sub>2</sub> por

kWh producido mientras, que el gas genera 400 g/kWh. Sin embargo, se espera que con la propuesta de la Unión Europea, que quiere fijar un límite a 500 g/kWh, se generalicen estas tecnologías. En cualquier caso, se sabe que las nuevas plantas van a necesitar un consumo de entre un 15% y un 40% más de energía en la captura del CO<sub>2</sub>. Los nuevos proyectos encarecerán la inversión inicial (captura, transporte e inyección del CO<sub>2</sub>) entre un 30% y un 70% respecto de las instalaciones convencionales; mientras que los gastos de explotación aumentarán entre un 25% y un 75%.

advierten que para el 2050 el recorte debe ser del 70% o el 80% —para que la temperatura no aumente en más de dos grados—. Pero para conseguir estas reducciones no bastará con ahorro, eficiencia energética y uso de fuentes renovables. Con esto solo no salen las cuentas. Necesitamos algo grande en términos de reducción de gases porque hay que actuar rápidamente», señala Juan Carlos Abanades, el único español que intervino en el informe especial del IPCC sobre captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Abanades, investigador del Instituto Nacional del Carbón del CSIC, dice que esta es una solución realista.

La UE aduce que sin estas tecnologías no es posible alcanzar los objetivos mundiales de reducción (del 50%) para el 2050. Europa prevé sustituir un tercio de las térmicas de carbón en 10 años por otras plantas más limpias. Pero el consumo de carbón aumentará en países como China, India y otras naciones emergentes. «Y a China, con un 25% de las reservas mundiales de carbón, no vamos a convencerla de que renuncie a él», dice Abanades, convencido de la necesidad de conseguir extender esta nueva tecnología.

La captura de CO<sub>2</sub> se lleva a cabo en algunos procesos industriales (fertilizantes...), mientras que las petroleras usan el CO<sub>2</sub> (comprimido, de forma líquida) para inyectarlo en yacimientos de petróleo y sacar más hidrocarburo en zonas poco accesibles. La empresa Statoil, que explota el yacimiento de gas en la plataforma Sleipner en el mar del Norte, inyecta —desde 1996— el CO<sub>2</sub> en el subsuelo a 800 metros debajo del mar, tras separarlo del gas natural. El plan surgió porque el gas natural extraído tiene excesivo CO<sub>2</sub> y era necesario separarlo, para no liberarlo a la atmósfera, ya que el Gobierno noruego aplicó

reducir las emisiones que obligó a construir la planta y almacenar el CO<sub>2</sub> en el fondo submarino. Otros proyectos de este tipo se han desarrollado en Argelia, Canadá y EE.UU. «El CO<sub>2</sub> se encuentra en el subsuelo en formaciones geológicas naturales similares a las del gas, el petróleo o los acuíferos salinos, y lo que se plantea es meter este gas en sitios iguales a los análogos naturales», explica Santiago Sabugal, presidente de la Plataforma Española del CO<sub>2</sub>.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) analiza las

### LA UE Y EL CALENTAMIENTO

## La captura de CO<sub>2</sub> es clave para reducir los gases un 50% en el 2050

### EMPLAZAMIENTO EN ESPAÑA

## La mejor solución es el almacenamiento en formaciones salinas profundas

formaciones geológicas más adecuadas para albergar el almacén subterráneo de CO<sub>2</sub> y los estudios indican que los terrenos más propicios son las formaciones geológicas salinas con agua muy salada (sin utilidad para consumo humano) a una profundidad de entre 800 y 1.200 metros. Los terrenos más aptos están en las cuencas del Ebro, Duero, Tajo y Guadalquivir, así como los depósitos carbonatados de las cordilleras Ibérica, vasco-cantábrica y Bética. En cambio, descartará los depósitos de gas o petróleo usados, poco abundantes en España.

La mejor solución sería enterrar el CO<sub>2</sub> a presión en estado líquido sobre las formaciones salinas

cimiento Sleipner en el mar del Norte, una planta que captura y almacena cada año en el subsuelo más de 1 millón de toneladas de CO<sub>2</sub>, y podría acogerse a 1, generado por el hombre en 20

la captura de CO<sub>2</sub> se prevé a partir del año 2020

## Industria y energía: una vida más verde

## El carbón

La Plataforma Española del CO<sub>2</sub> es una iniciativa que reúne a 70 entidades públicas y privadas (eléctricas como Endesa o Unión Fenosa, ministerios, centros de investigación y universidades) con la voluntad de impulsar 14 proyectos para fomentar las nuevas tecnologías para retener el CO<sub>2</sub> en las chimeneas industriales y mitigar el calentamiento.

En España, se están desarrollando diversos proyectos tecnológicos para retener el CO<sub>2</sub> que se aplican antes o después de que se haya producido la quema del combustible (pre-combustión o pos-combustión).

En España, se están desarrollando diversos proyectos tecnológicos para retener el CO<sub>2</sub> que se aplican antes o después de que se haya producido la quema del combustible (pre-combustión o pos-combustión).

La Plataforma Española del CO<sub>2</sub> es una iniciativa que reúne a 70 entidades públicas y privadas (eléctricas como Endesa o Unión Fenosa, ministerios, centros de investigación y universidades) con la voluntad de impulsar 14 proyectos para fomentar las nuevas tecnologías para retener el CO<sub>2</sub> en las chimeneas industriales y mitigar el calentamiento.

La UE prevé en el futuro transportar el gas hasta su almacén bajo tierra

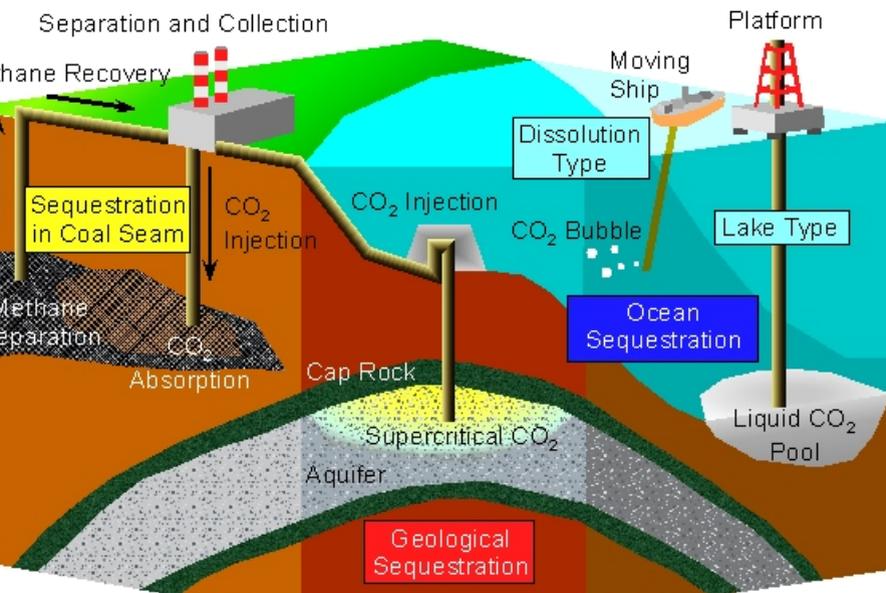
generar electricidad). El Instituto Español del Carbón (CSIC) impulsa en Asturias una planta piloto de post-combustión para separar el CO<sub>2</sub> del gas natural. La conexión con la cal y crea carbón cálcico, un sólido que se desmenuza en la cal y el gas.

La otra opción es usar el CO<sub>2</sub> para producir combustibles (gas de síntesis, gas de aire), lo que permite obtener una corriente pura de CO<sub>2</sub> con una concentración de más del 80%. La Fundación para la Energía, impulsada por el Gobierno central, está construyendo una planta piloto en Ponferrada, que debe estar operativa antes de acabar el 2009. La instalación podría ser utilizada para optar a una de las plantas de demostración de esta tecnología que el CSIC y la UE financiarán en el 2009.

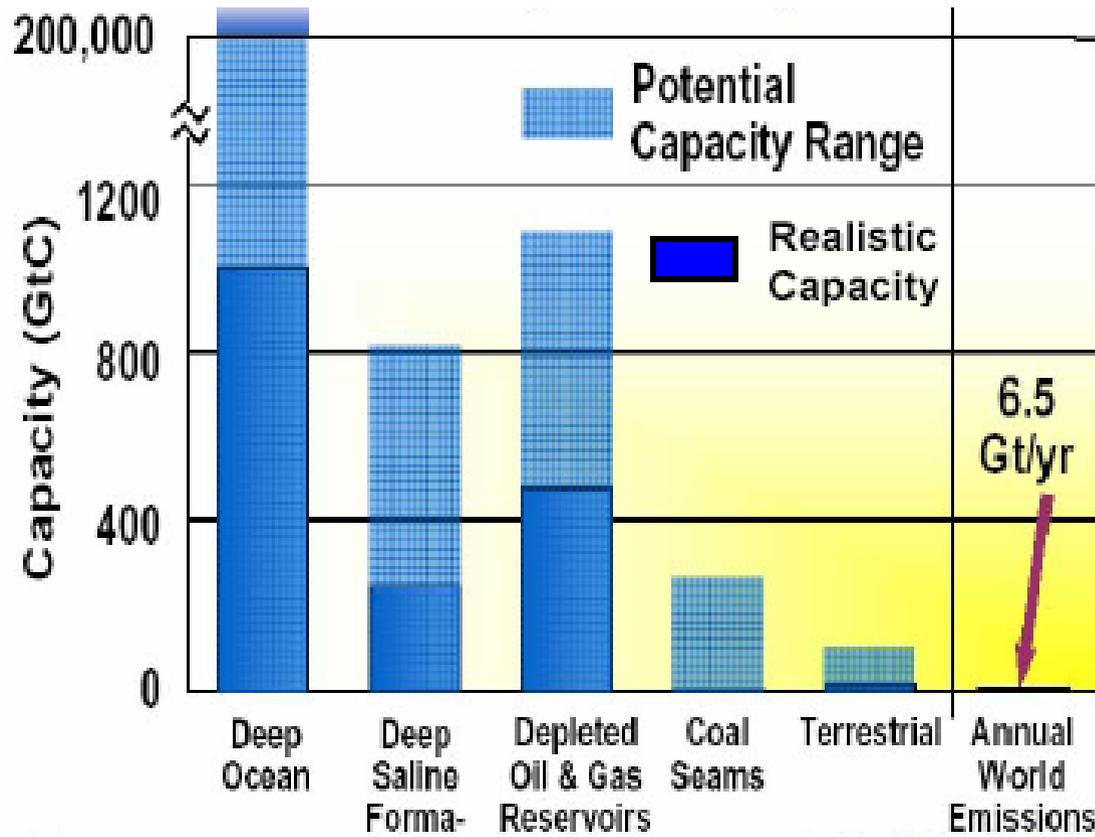
Y la tercera opción involucra el uso de CO<sub>2</sub> para producir hidrógeno, que puede ser almacenado en pilas de combustible. La iniciativa más importante la desarrolla Eclogia Puertollano (Ciudad Real)

# Formaciones geológicas en las que puede almacenarse CO<sub>2</sub>:

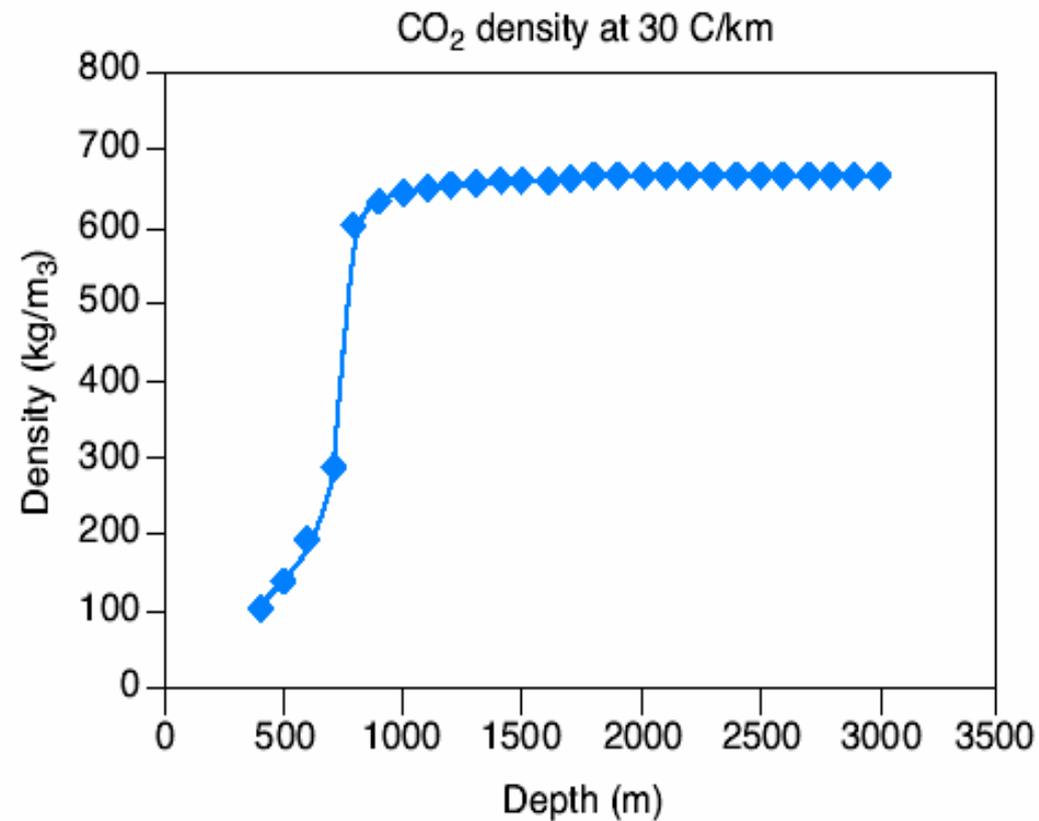
- 1) Yacimientos de petróleo ya agotados
- 2) Yacimientos de gas depletados
- 3) Capas de carbón
- 4) Formaciones acuíferas con alta salinidad
- 5) Formaciones pizarrosas bituminosas
- 6) Formaciones salinas



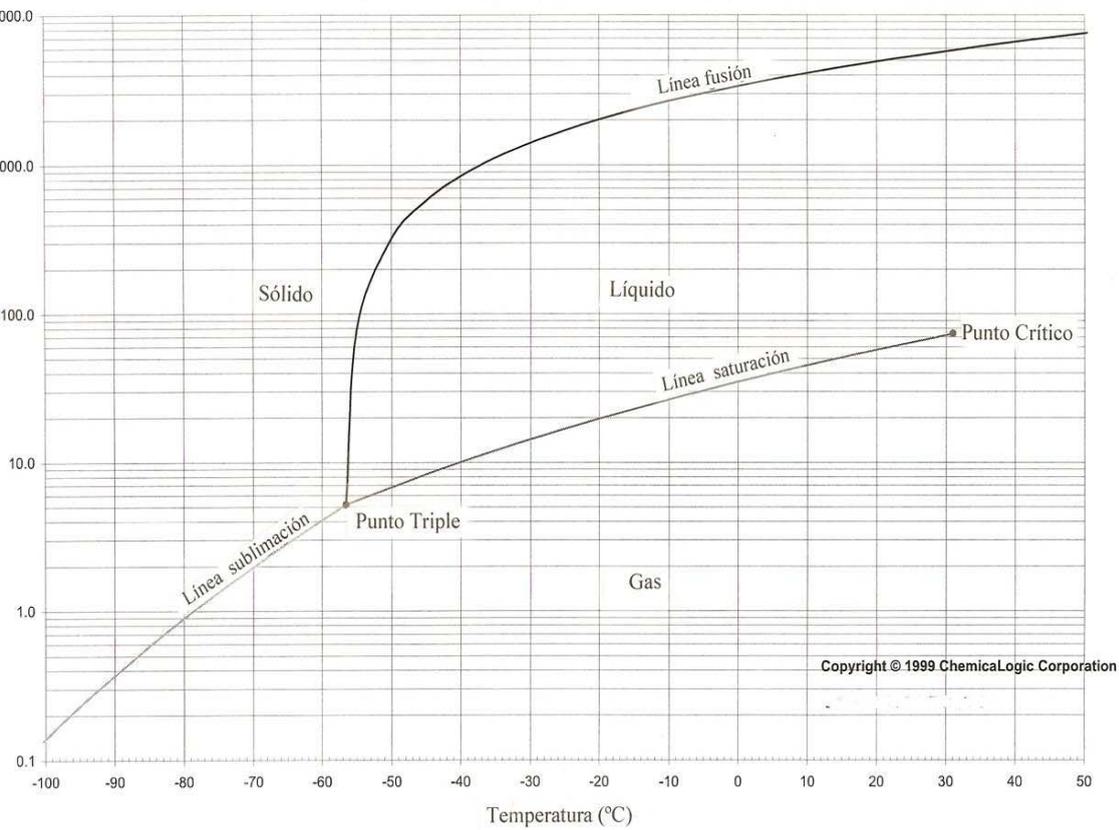
# Capacidad potencial de almacenamiento



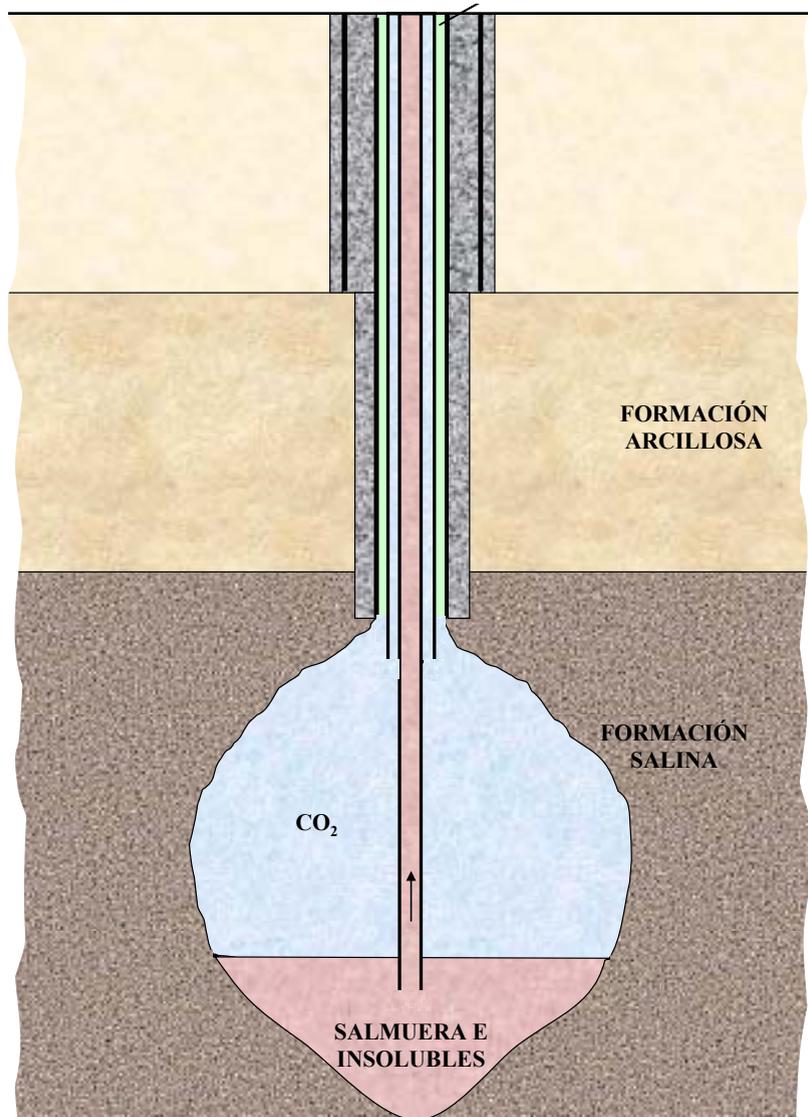
# Variación de la densidad con la profundidad



# Diagrama de fases



# Almacenamiento en cavidades salinas



# Almacenamiento en capas de carbón

## Factores geológicos:

- **Estratigrafía**
- **Estructura geológica**
- **Hidrogeología**
- **Calidad del carbón**
- **Capacidad de adsorción**

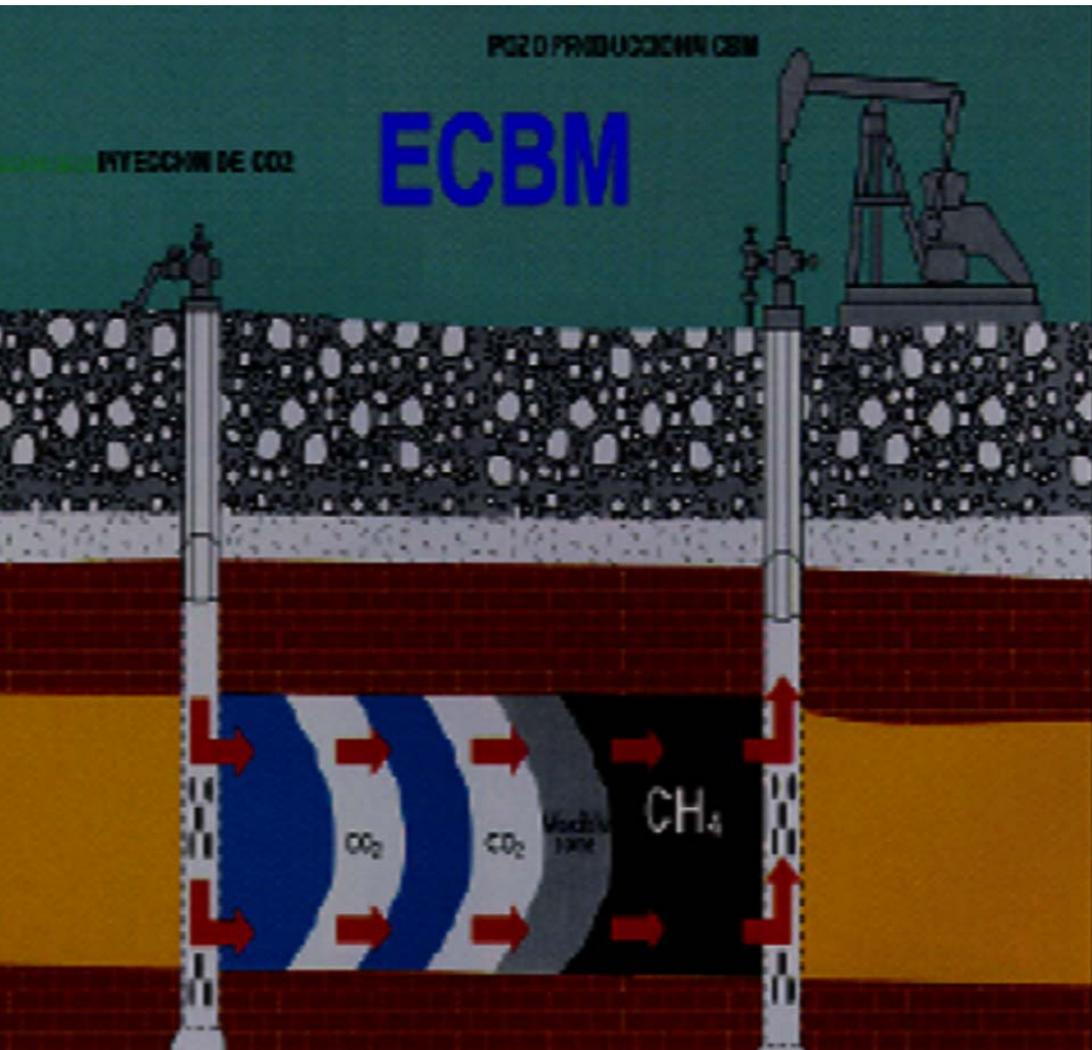


# Almacenamiento en capas de carbón

## **Factores tecnológicos:**

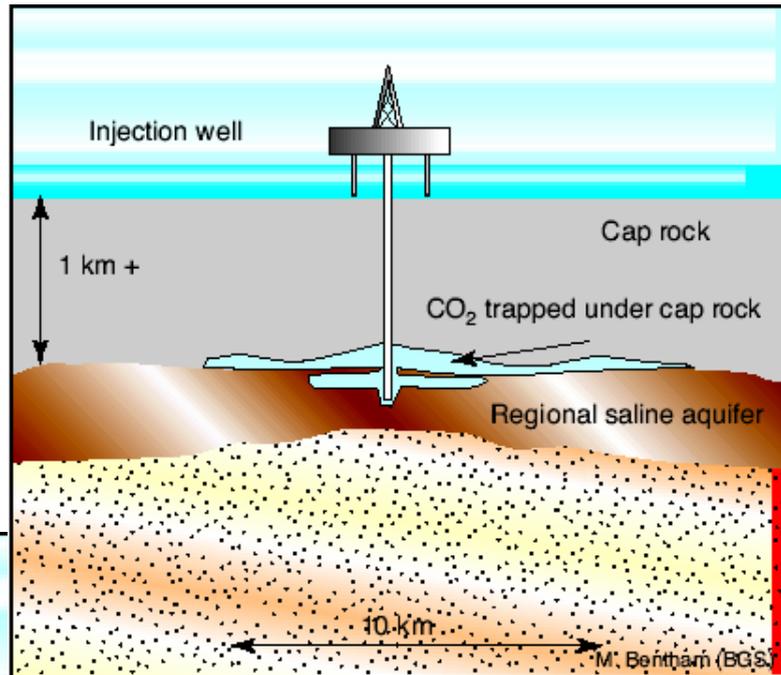
- **Fuentes de CO<sub>2</sub>**
- **Campos de CBM**
- **Reservas de carbón**
- **Sondeos**
- **Comunidades**

# Capas de carbón con recuperación de metano

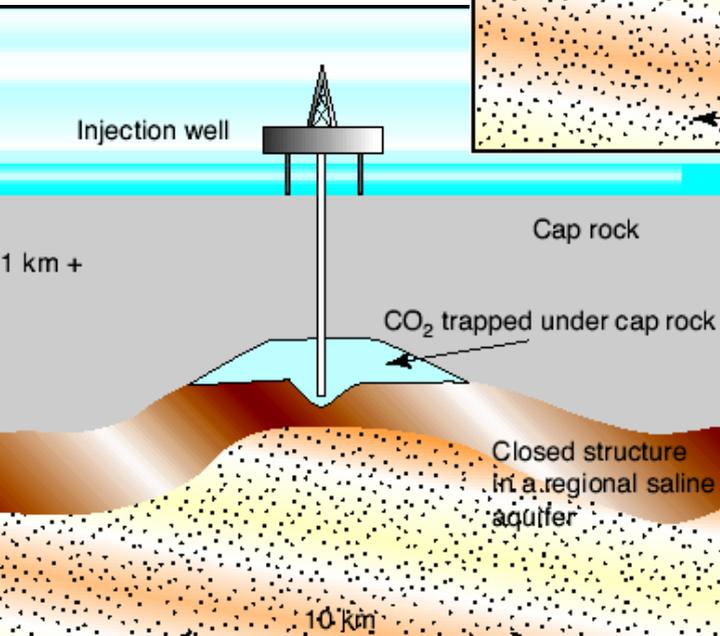


# Entrampamiento en acuíferos

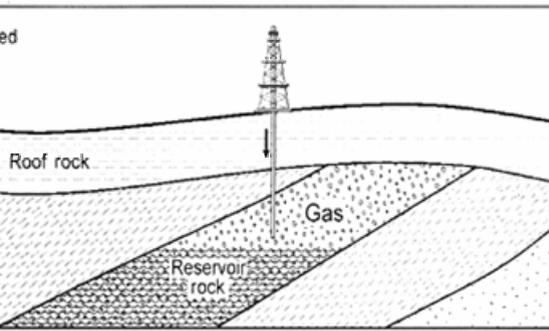
No confinados



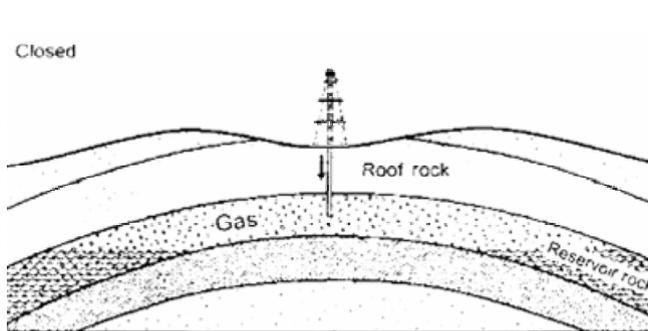
Confinados



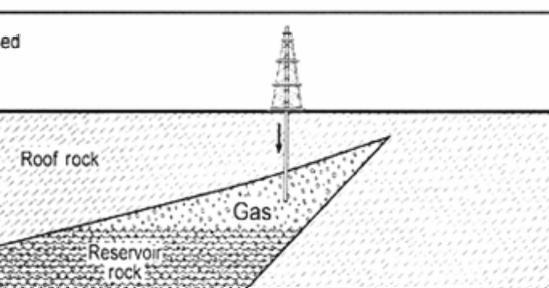
# Entrampamientos confinados



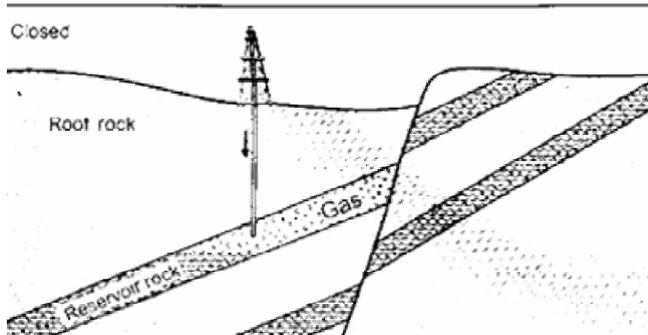
**Disconformidades**



**Anticlinales**

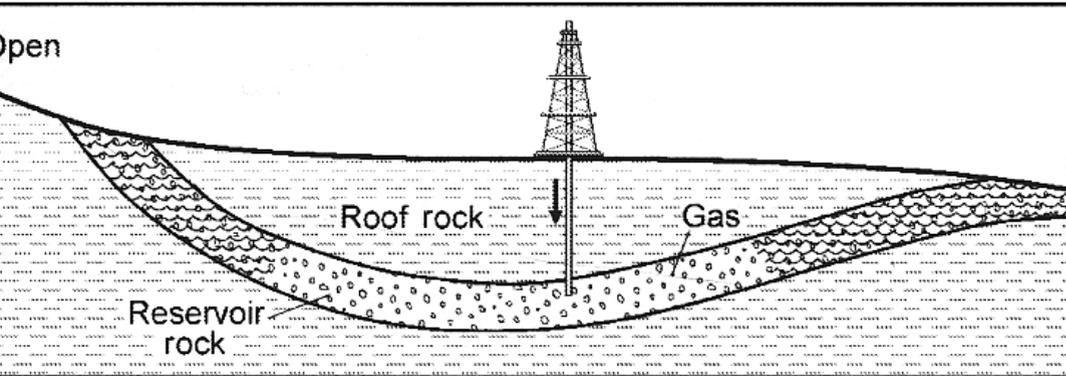


**Cambios de facies**

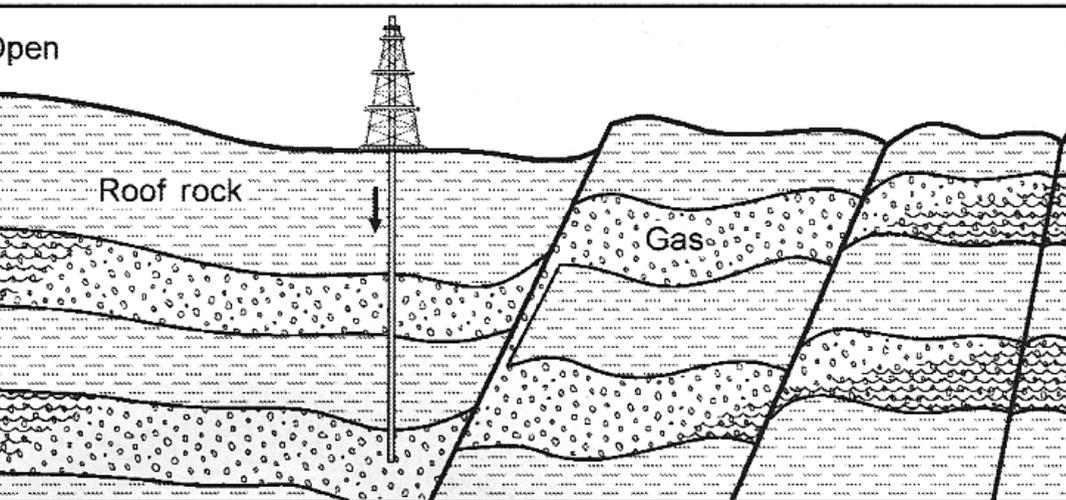


**Fallas no transmisivas**

# Migración en entrampamientos no confinados



**Acuíferos**



**Fallas y fracturas**

# Recomendaciones técnicas

- **Existencia de una formación porosa, permeable y con una salinidad adecuada.**
- **Existencia de una capa suprayacente impermeable al paso del CO<sub>2</sub> que intervenga como sello en el almacenamiento.**
- **Estar ubicadas en áreas geológicamente estables.**
- **Tener un tamaño lo suficientemente grande como para almacenar la cantidad de CO<sub>2</sub> planeada.**
- **Estar a profundidad suficiente para asegurar el estado supercrítico del CO<sub>2</sub>. Formaciones por debajo de los 800 m.**

# Principales proyectos de almacenamiento



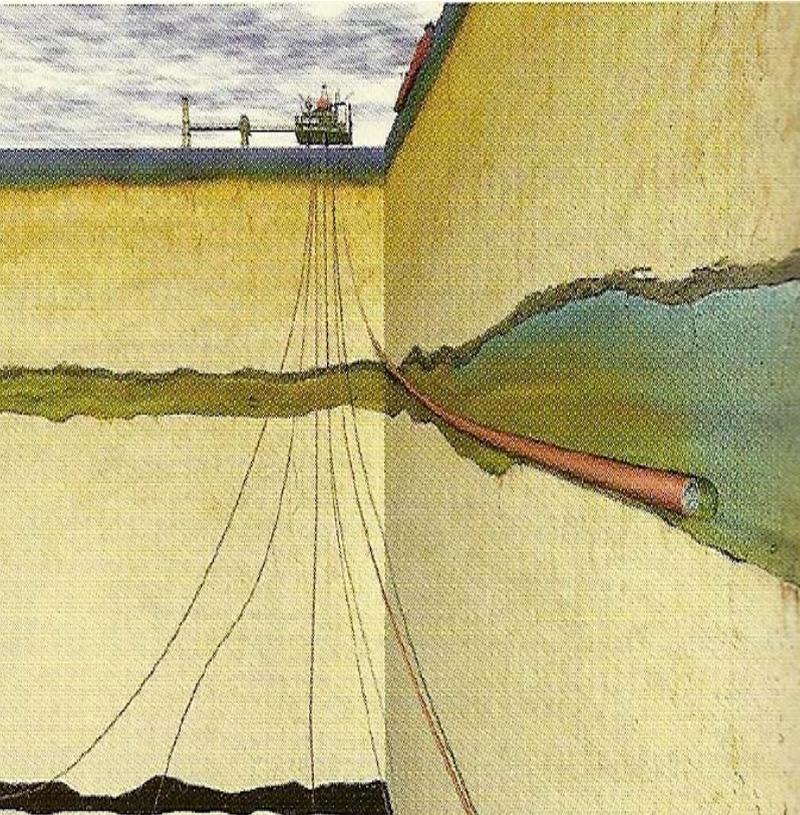
(IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, 2005)

# Plataforma Sleipner en acuífero salino.

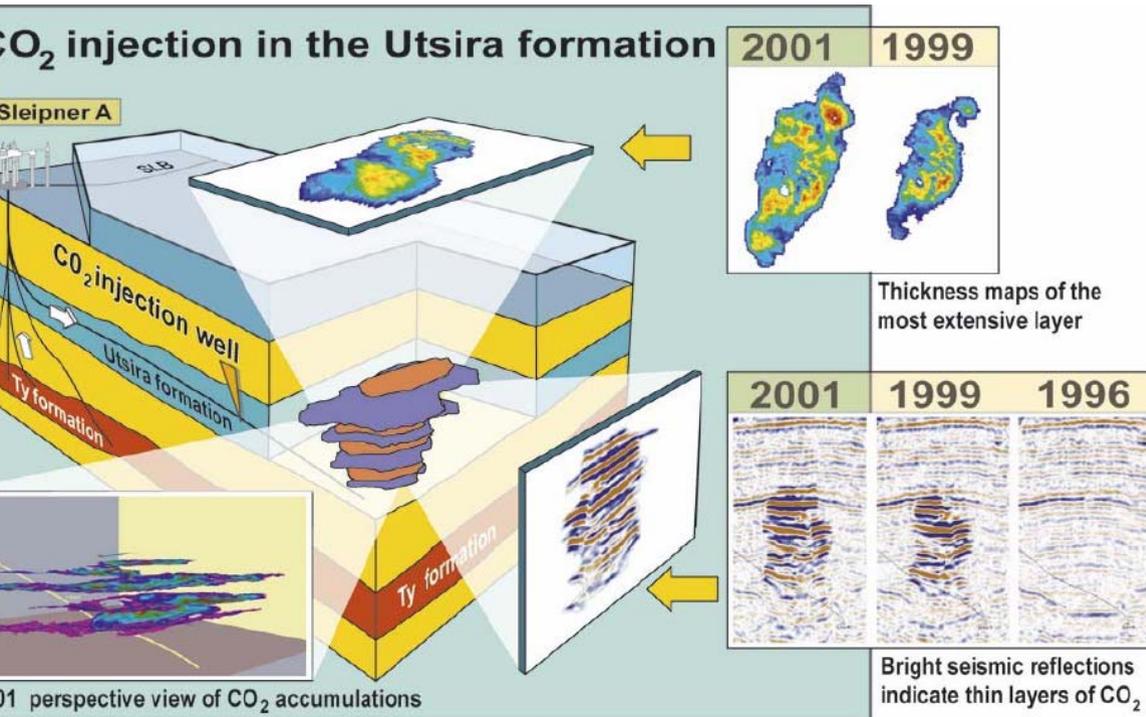
- **Yacimiento de gas natural con 9% de CO<sub>2</sub> :**
- **1-2 MTm/año**
- **1000 m debajo del fondo marino**
- **Formación Utsira**
- **Lámina de agua de 80-100m**



# Proyecto de Almacenamiento de Sleipner, Noruega.



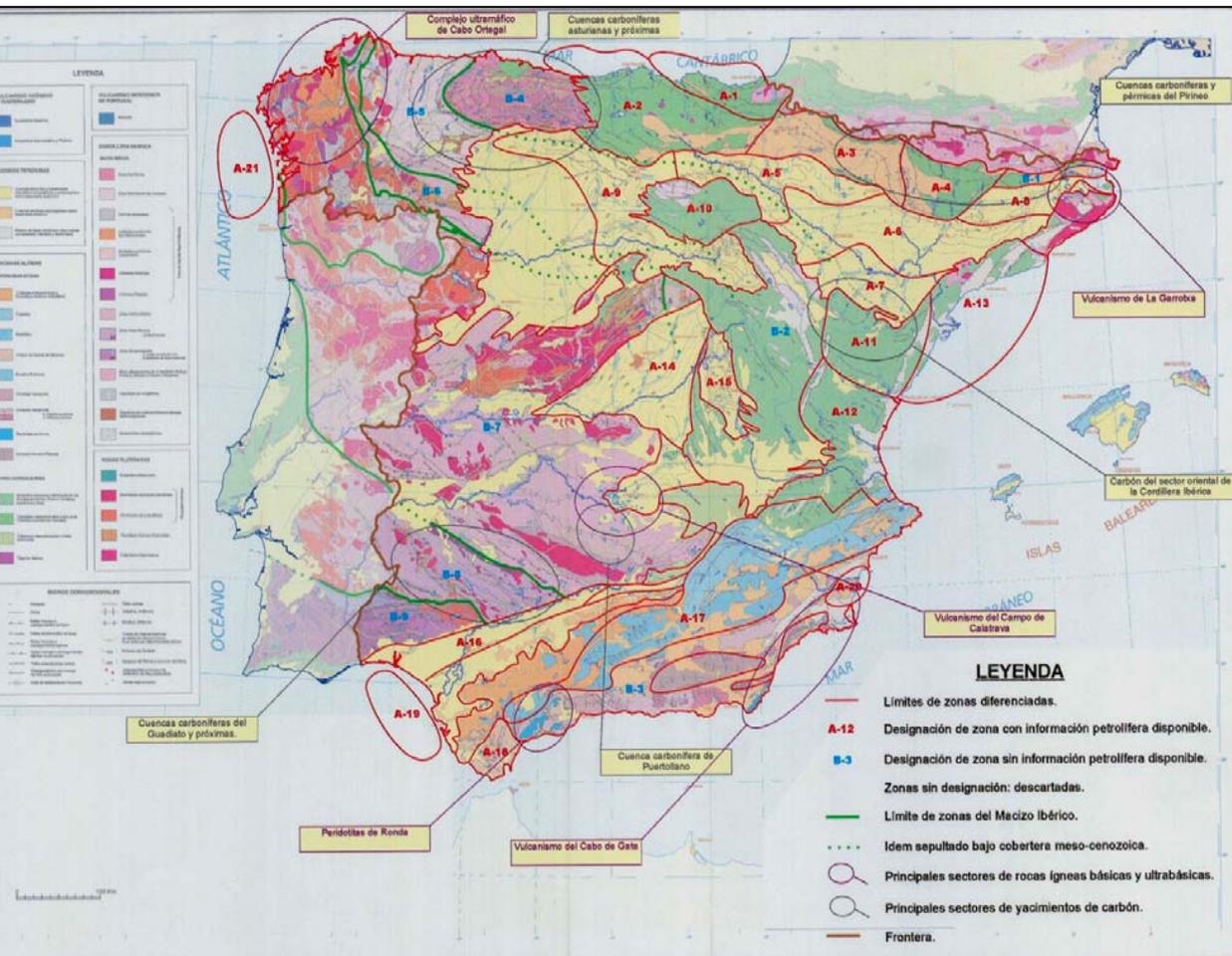
# Esquema de monitorización en Sleipner.



# Etapas de estudio de almacenamiento



# Preselección de zonas susceptibles de almacenar CO<sub>2</sub>.

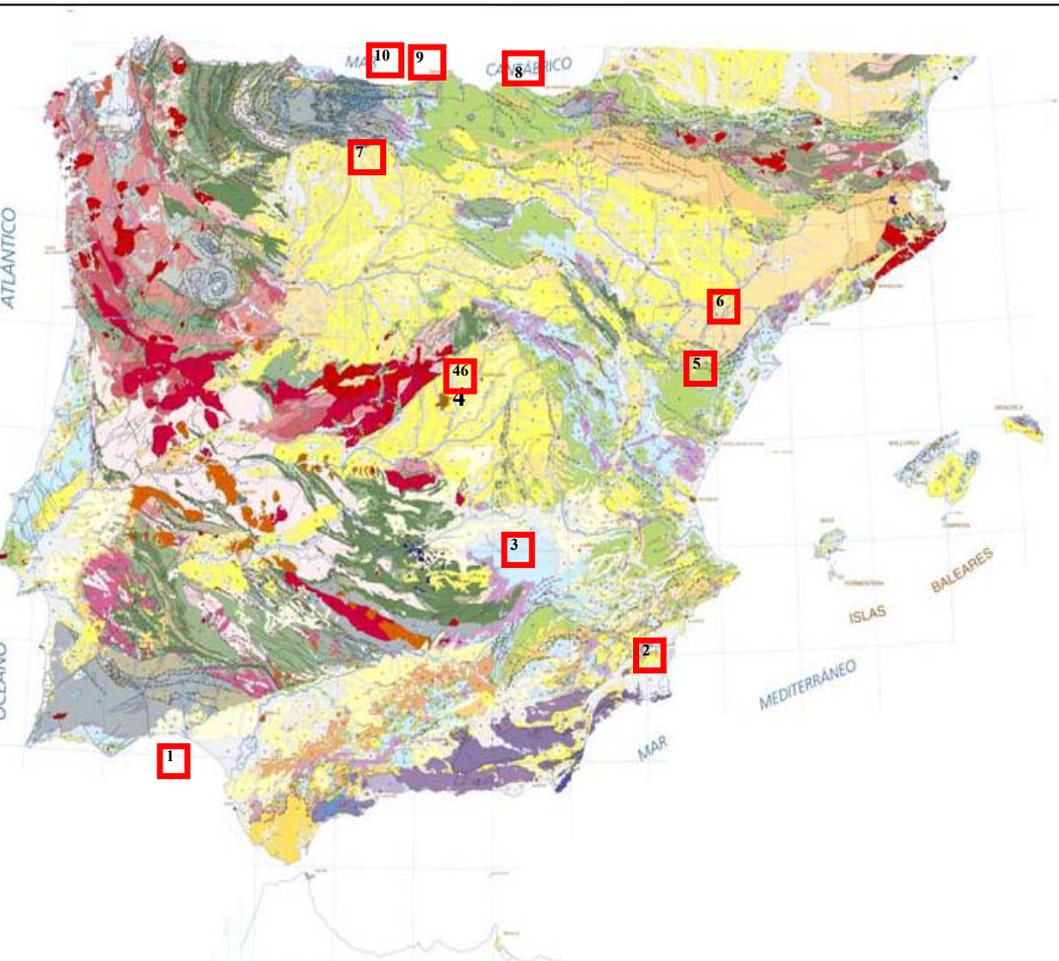


# Áreas de potencial interés



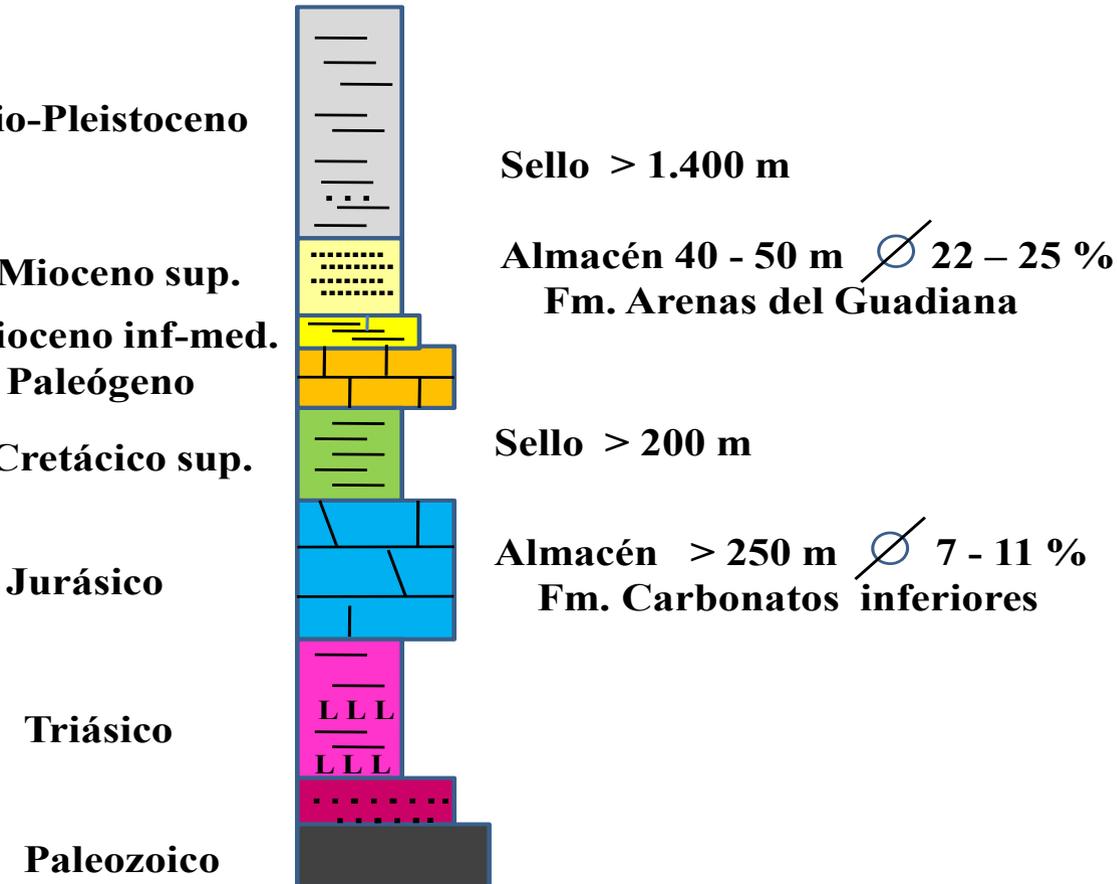
(IGME, Grupo de Almacenamiento de CO<sub>2</sub>, 2007)

# Zonas seleccionadas para almacenamiento

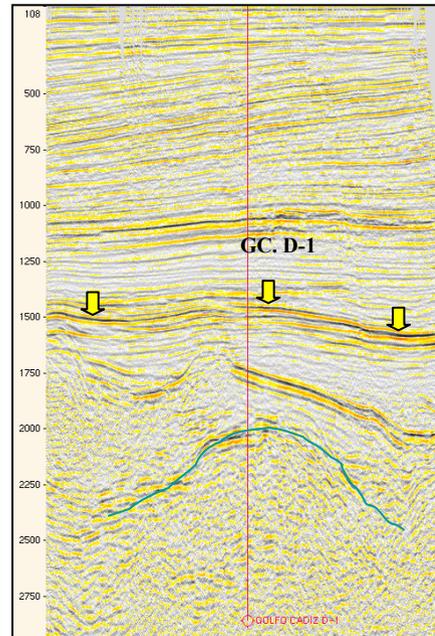
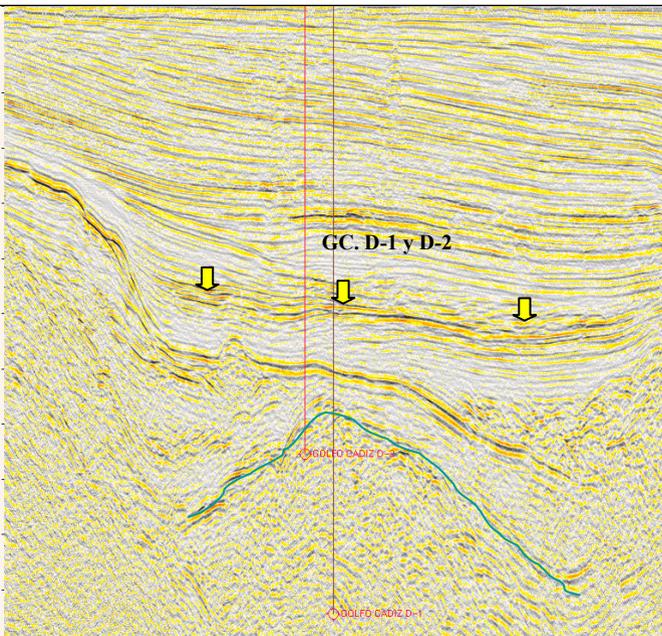


El carbón energético en el siglo XXI  
Fundación Estudio de la Energía 2008

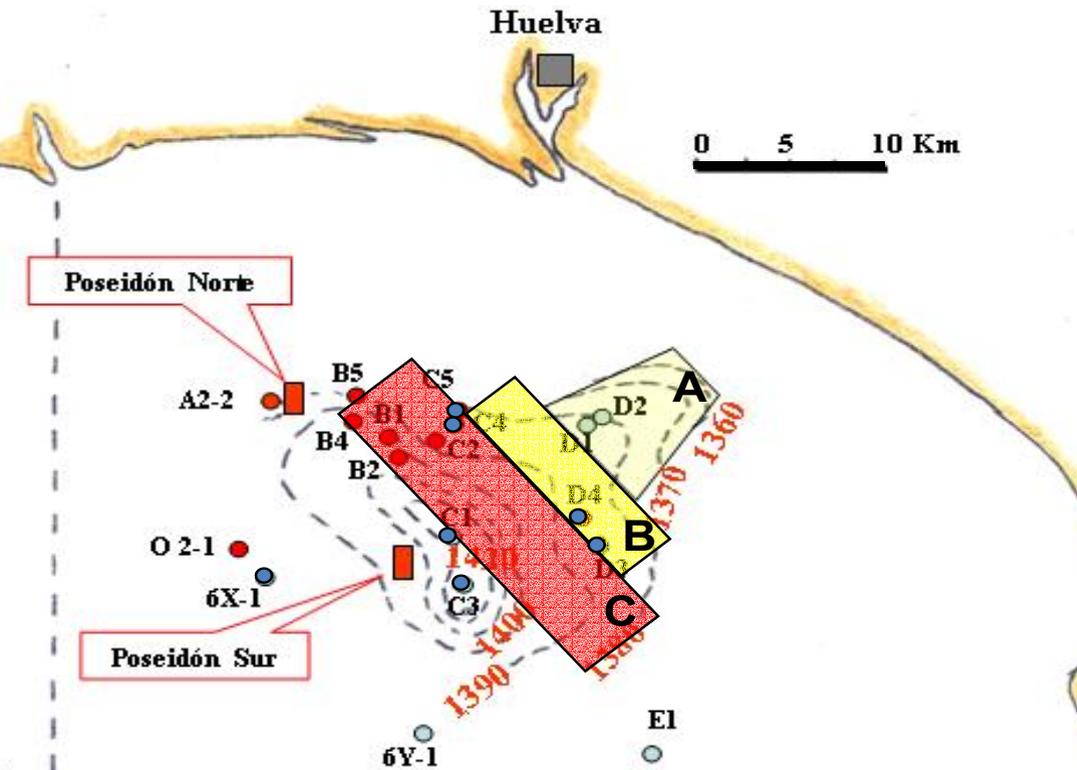
# Ejemplos: Golfo de Cádiz



# Líneas sísmicas

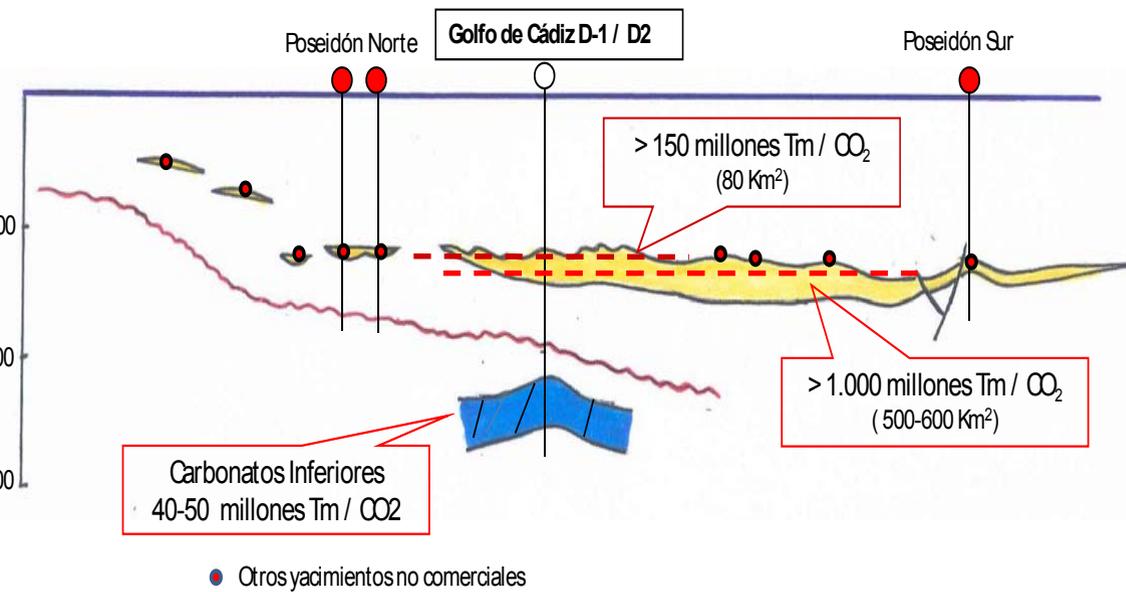


# Mapa estructural: Planta

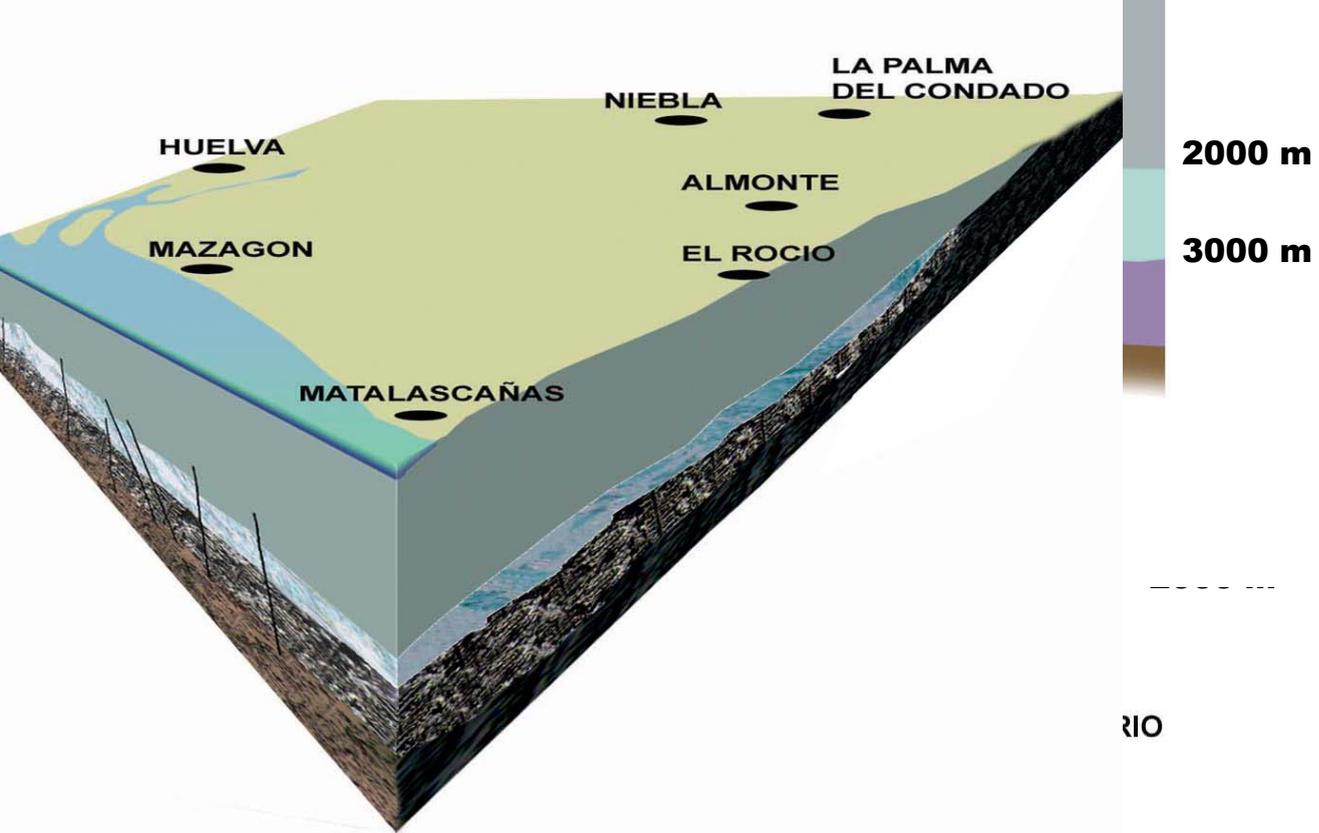
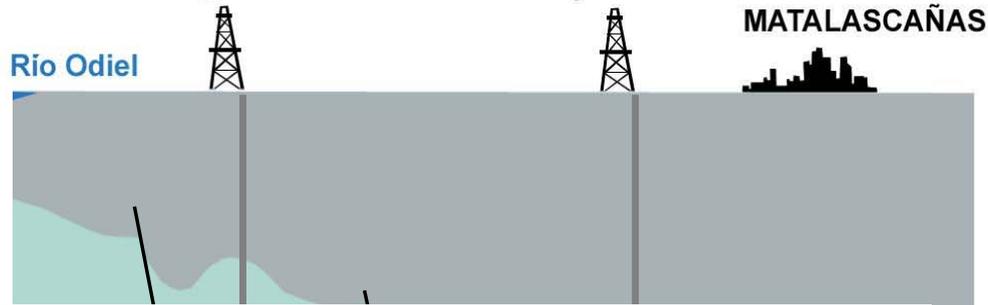


- arenas del Guadiana
- Pozo con agua
  - Yacimiento no comercial
  - Yacimiento comercial

# Mapa estructural: Corte

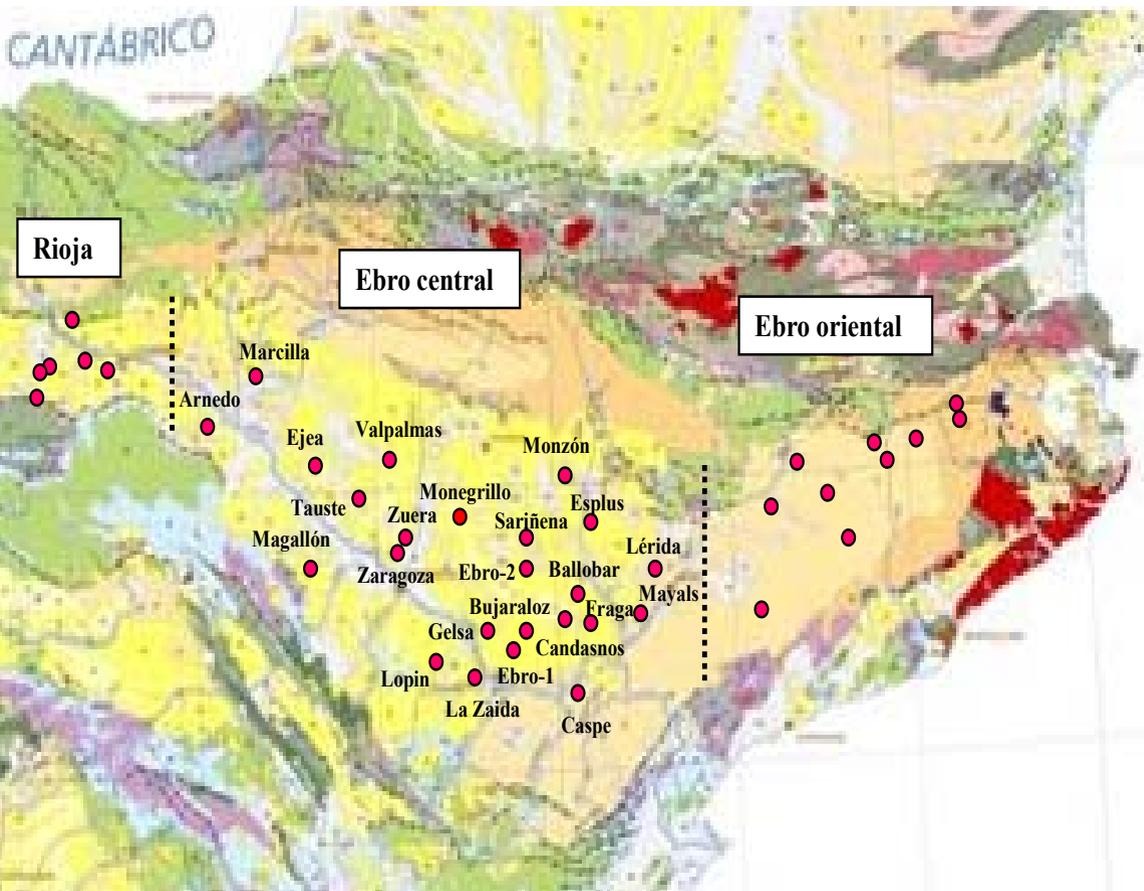


**NO** Moguer-1 Asperillo-1 **SE**

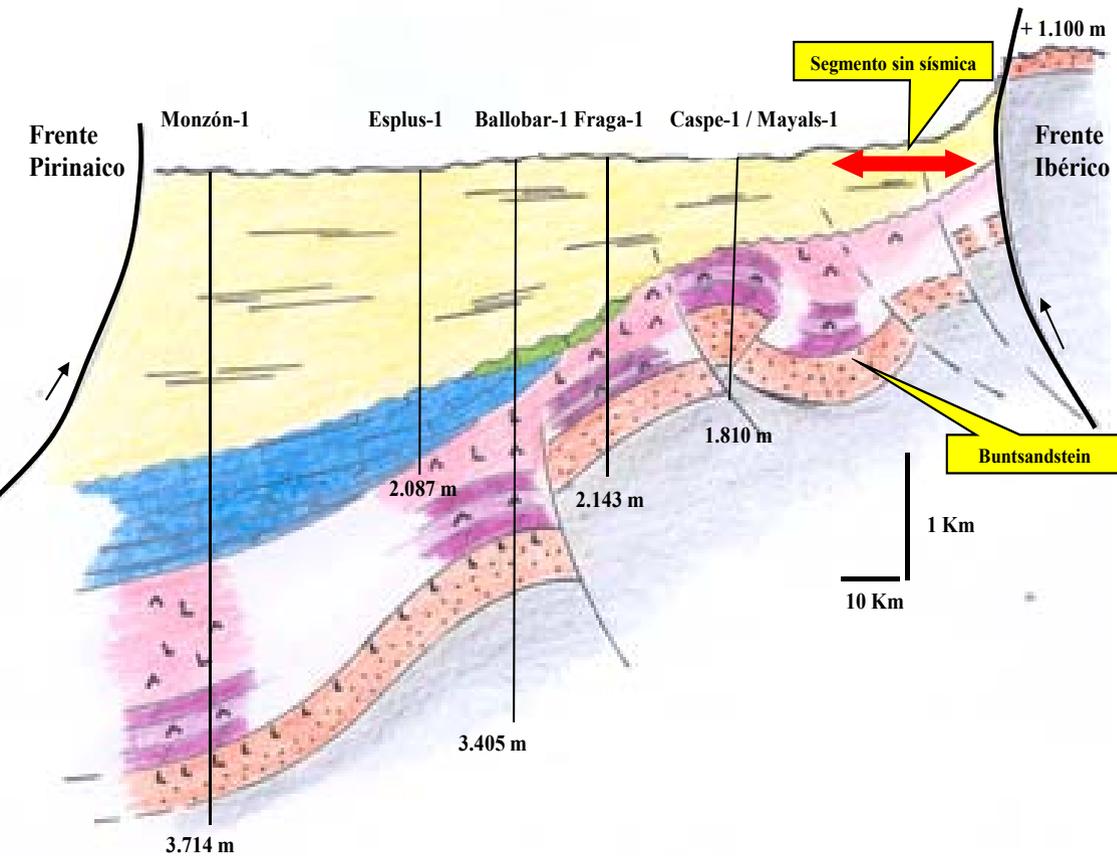


**PALEOZOICO**

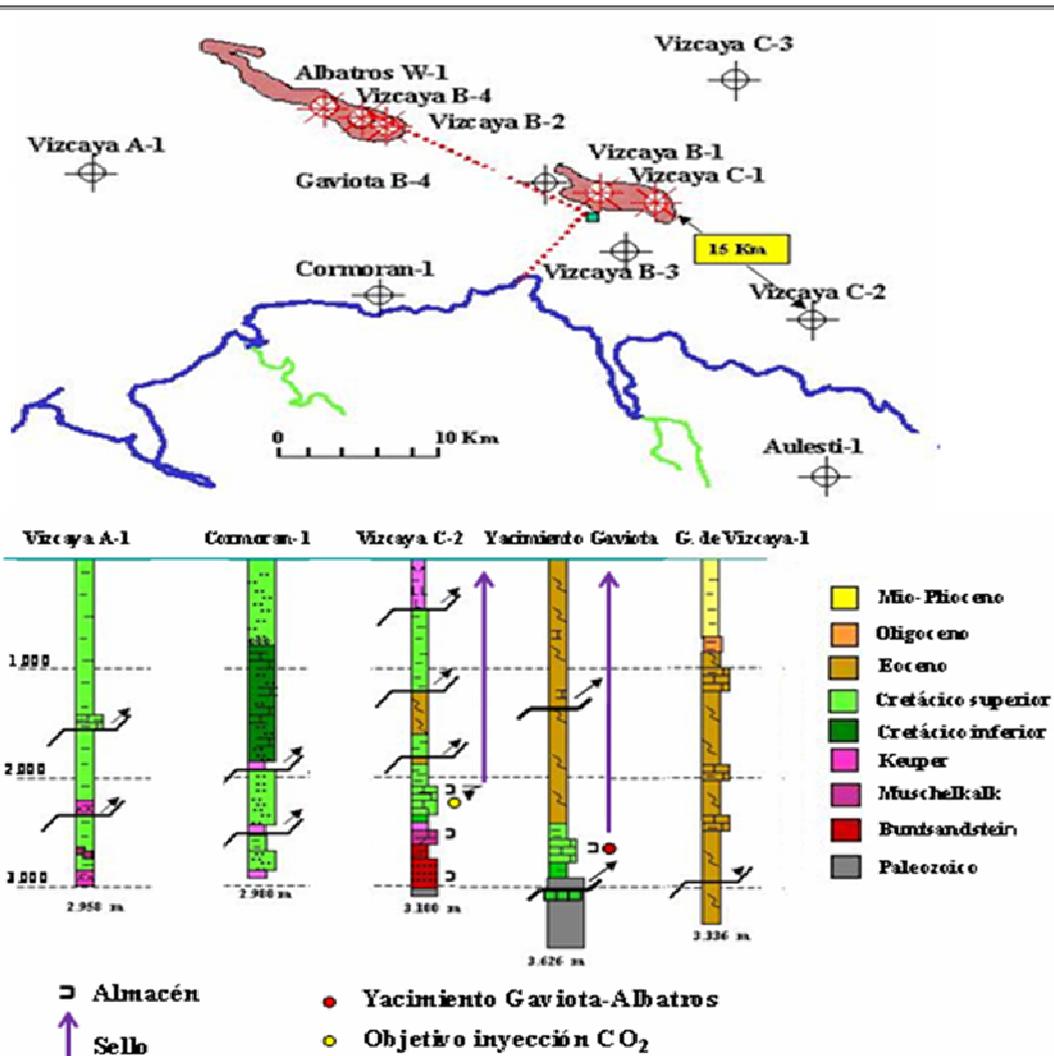
# Sondeos en el Valle del Ebro central



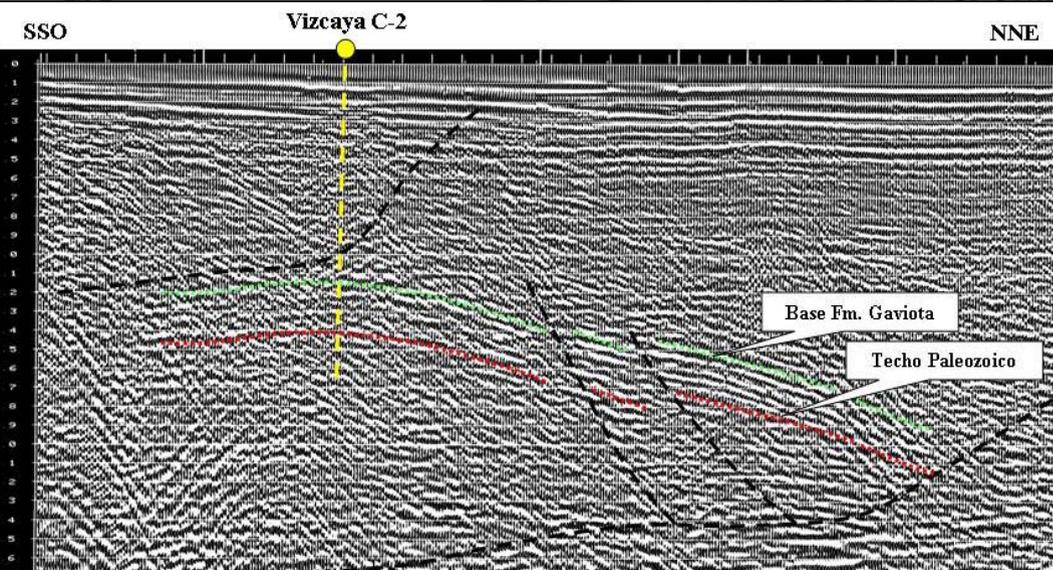
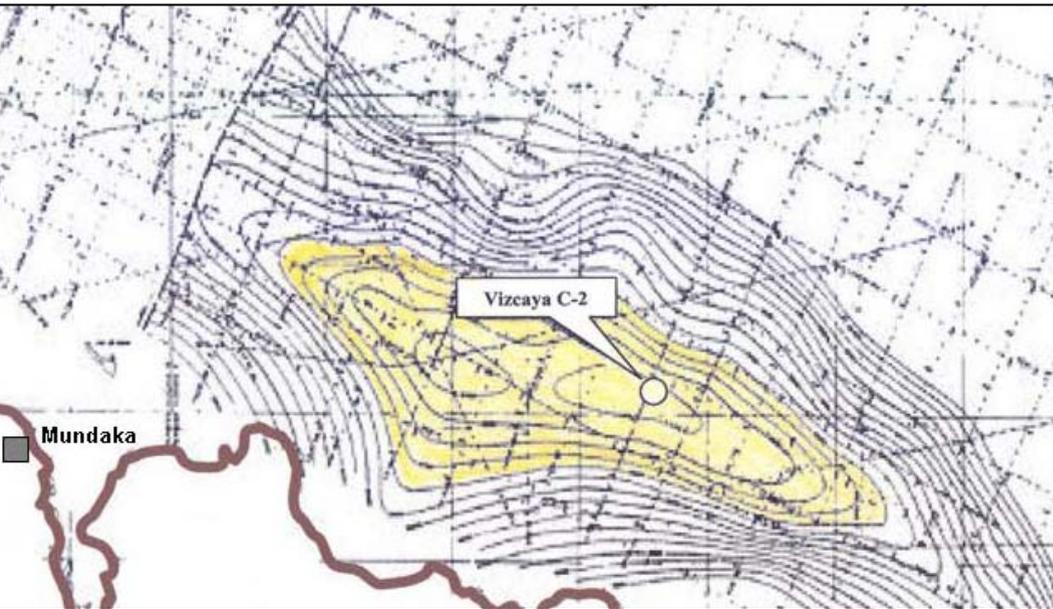
# Esquema estructural



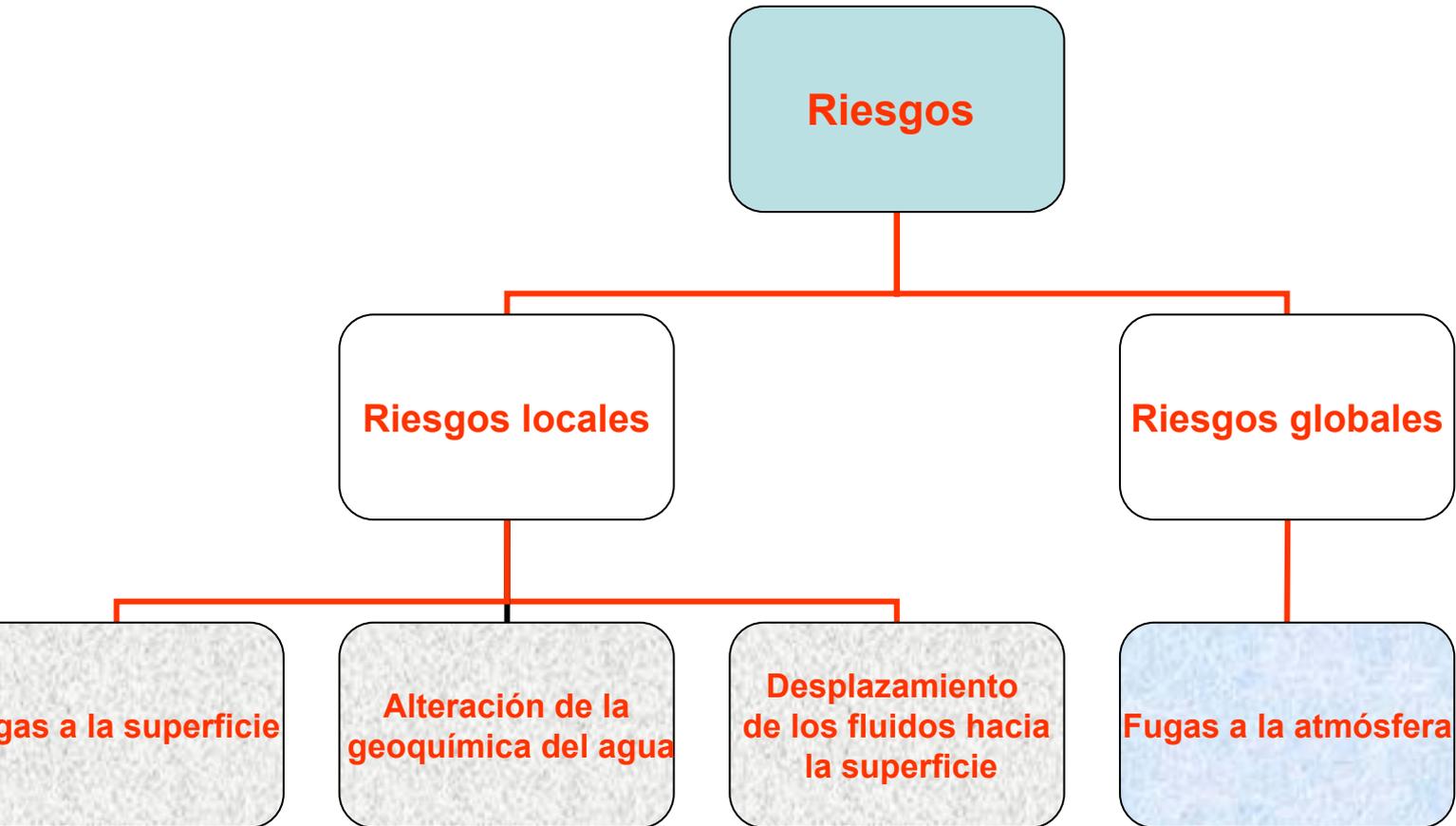
# Sondeos del Golfo de Vizcaya



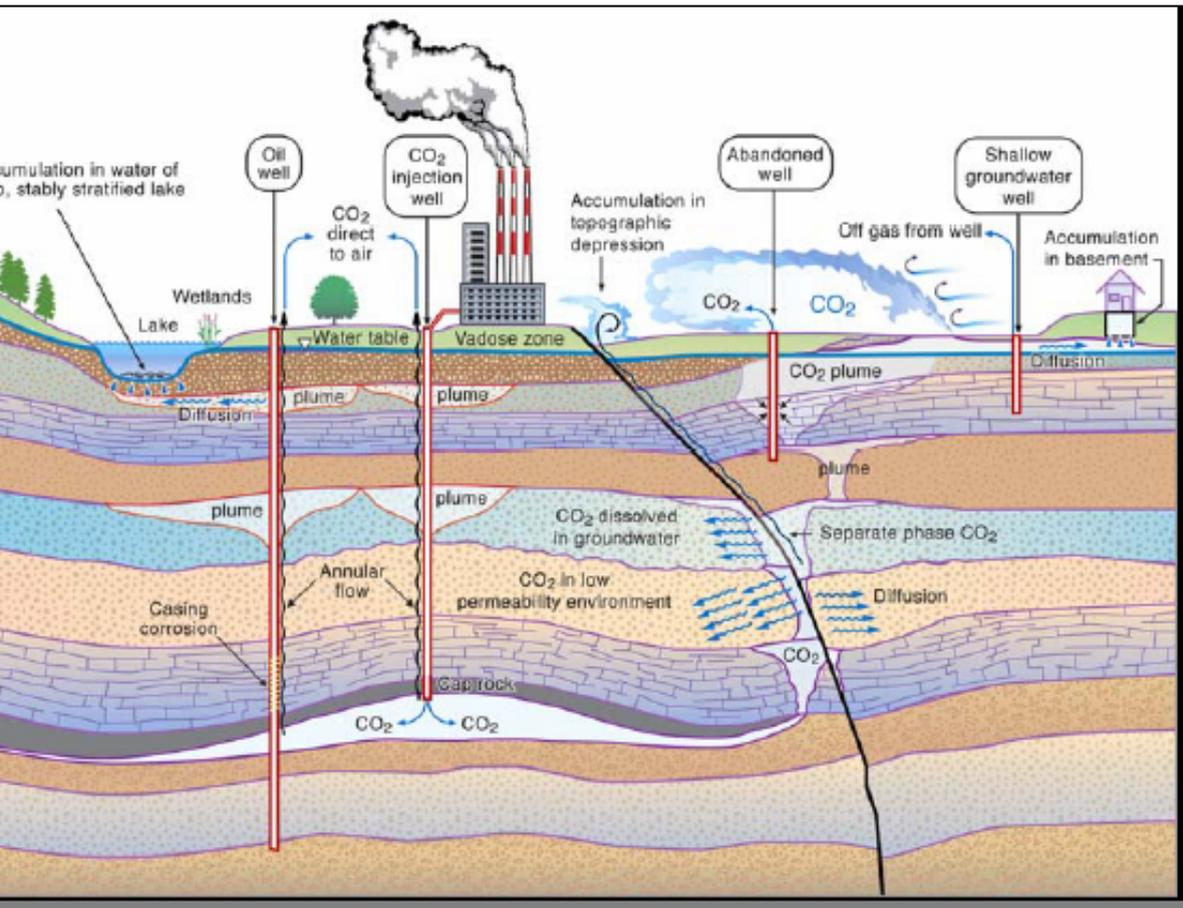
# Interpretación sísmica



# Riesgos asociados al almacenamiento



# Esquema de las posibles vías de fuga



**Gracias por su atención**

**[angel.camara@upm.es](mailto:angel.camara@upm.es)**