

Madrid, 3 de julio de 2019



Asociación de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂


Almacenamiento geológico de CO₂. Conceptos fundamentales

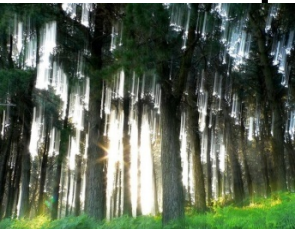
Roberto Martínez Orío

*Coordinador del Grupo de Transporte y Almacenamiento del CO₂ de PTECO₂
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)*



Índice





- 
- 1. Introducción
 - 2. Almacenamiento geológico de CO₂
 - 3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂
 - 4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo
 - 5. Proyectos de almacenes geológicos de CO₂
 - 6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España





1. Introducción

Formas de almacenamiento de CO₂

- 
- **Inyección en océanos** → **Inconveniente:** tecnología prohibida por legislación
 - **Carbonatación mineral** → **Inconveniente:** costes económicos e impactos medioambientales altos
 - **Almacenamiento Geológico** → **Inconveniente:** falta de conocimiento del potencial y localización geográfica (IPCC,2005)
 - ↓
 - Ventajas:**
 - Tecnología aplicable directamente por la experiencia en exploración y producción de petróleo, gas, carbón, inyección de residuos y protección de aguas subterráneas.
 - Tiempo de retención de cientos a millones de años (IPCC,2005).
- 
- 
- 



2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Objetivo: confinamiento permanente de CO₂ en formaciones geológicas (subsuelo) en **condiciones seguras** para las personas, las instalaciones y el medio ambiente, con el fin de **reducir las emisiones de CO₂** antropogénicas a la atmósfera.

● **Requisitos:**

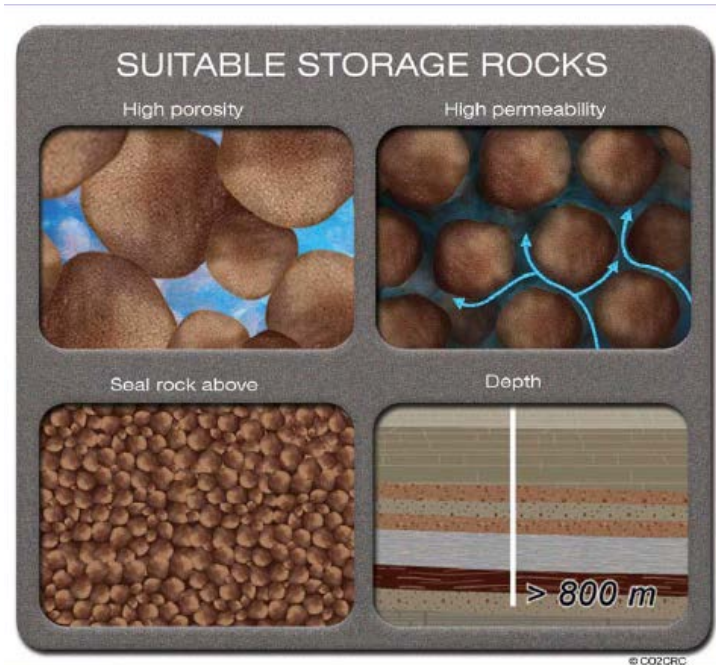
- ✓ existencia en el subsuelo de **pares de formaciones geológicas Almacén/Sello**, superpuestas, con espesor y extensión suficiente, y en condiciones estructurales, que garanticen la **estanqueidad** del almacenamiento.
- ✓ la inyección del CO₂ debe llevarse a cabo a **más de 800 m** de profundidad para asegurar que el **CO₂** se encuentra en **estado supercrítico**.

2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Requisitos

Par Almacén/Sello

Roca almacén con buena porosidad y permeabilidad a una profundidad superior a los 800m, recubiertas por una roca sello impermeable.




Ejemplos de rocas almacén








2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Requisitos



Caracterización del almacén: es una cuestión crítica dentro del proceso de selección definitiva de un emplazamiento, por lo que ésta debe ser soportada por un completo y detallado estudio de la estructura, formaciones almacén y sello.


La caracterización incluye :

- 
- 
- 
- Perfiles sísmicos bidimensionales y tridimensionales (2D y 3D).
 - Mapas detallados en profundidad de las formaciones almacén y sello, mapa detallado del techo de la estructura o de la trampa para el CO₂ y mapas de las vías potenciales de migración o escape del CO₂.
 - Correlación de diagráfias (evaluar continuidad de las formaciones objetivo).
 - Análisis de los fluidos de la formación almacén y de los sellos.
 - Ensayos hidráulicos.
 - Medidas petrofísicas obtenidas en laboratorio sobre testigos de sondeos: porosidad, permeabilidad, geomecánicos, etc.
 - Ensayos de tensión in situ.
 - Datos sísmicos, geomorfológicos y tectónicos (actividad tectónica).






2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Requisitos



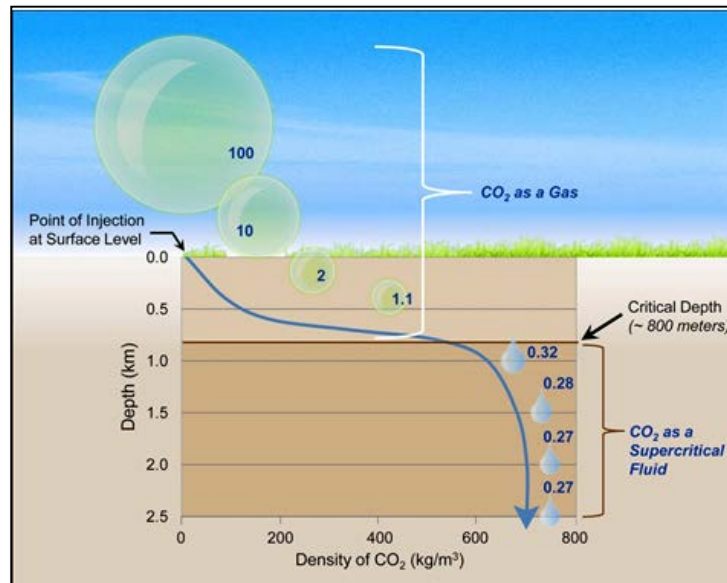
La caracterización del sello es muy importante en cualquier proyecto de CAC, ya que el sello es el que garantiza que el CO₂ inyectado se mantenga en el reservorio y no se desplace a capas superiores a techo y de allí eventualmente escape a superficie.

- 
- 
- 
- Normalmente el sello es una roca de origen arcilloso depositada en ambientes marinos profundos o muy tranquilos, donde el aporte de sedimentos es lejano, permitiendo que solo se depositen sedimentos arcillosos en una gran extensión lateral y homogénea tanto vertical como lateralmente, lo que hace que sea impermeable al paso del CO₂ y otros fluidos.
 - La mineralogía que debe formar una buena roca sello, debe ser aquella que no sea reactiva al CO₂, mayormente compuesta por filosilicatos tipo montmorillonita, illita, smectita, etc.
 - La roca debe de tener una resistencia mecánica, lo suficientemente alta para contrarrestar la presión del CO₂ más la del reservorio (acuífero), a fin de que el CO₂ inyectado no pueda romper la roca sello en la zona inyectada ni alrededores.
 - Debe de tener una presencia reducida de fallas y fracturas.

2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Requisitos

Para **optimizar la capacidad de almacenamiento** de CO₂ es conveniente que éste se encuentre en condiciones supercríticas (73,2 bares y 31,1°C), donde se comporta como un gas pero mucho más denso **ocupa mucho menos volumen**



Fuente: http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/FAQs/images/capture_6.jpg

¿Por qué inyectar CO₂ supercrítico?

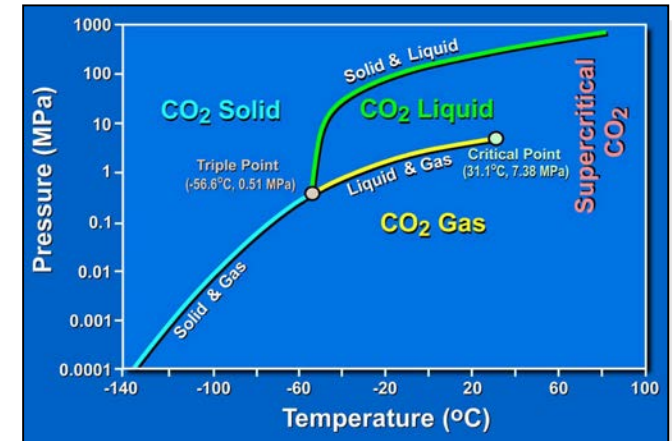


DIAGRAMA DE FASES DEL CO₂

A partir de los **800 m de profundidad**, considerando tan solo la presión hidrostática, el CO₂ puede mantenerse en las condiciones supercríticas.

2. Almacenamiento Geológico de CO₂

Requisitos

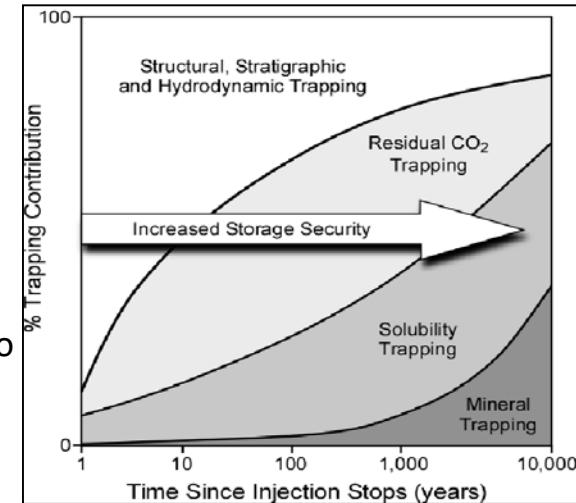
- **Entrampamiento Estructural:** trampas estructurales y estratigráficas.
- **Entrampamiento Hidrodinámico:** Presión ejercida por el agua de formación y la cobertera.
- **Entrampamiento por Disolución:** Disolución del CO₂ en el agua de formación.
- **Entrampamiento Residual:** en el espacio intergranular debido a las fuerzas de capilaridad.
- **Entrampamiento Mineral:** Fijación química mediante reacciones del CO₂ con la roca almacén y el agua de formación.
- **Entrampamiento por Adsorción:** sólo en carbón.

- Migración por diferencia de movilidad, debido a que el CO₂ supercrítico es menos viscoso que el agua, movilidad mayor, desplaza al agua.
- Flujo vertical, la diferencia de densidades entre el agua salina y el CO₂ es grande. (Densidad del CO₂ a 35 ° de T y 100 bar P es 0,71281 g/ml)



La forma en que el CO₂ se mueve está muy condicionada por la heterogeneidad del almacén.

Mecanismos de entrapamiento



3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

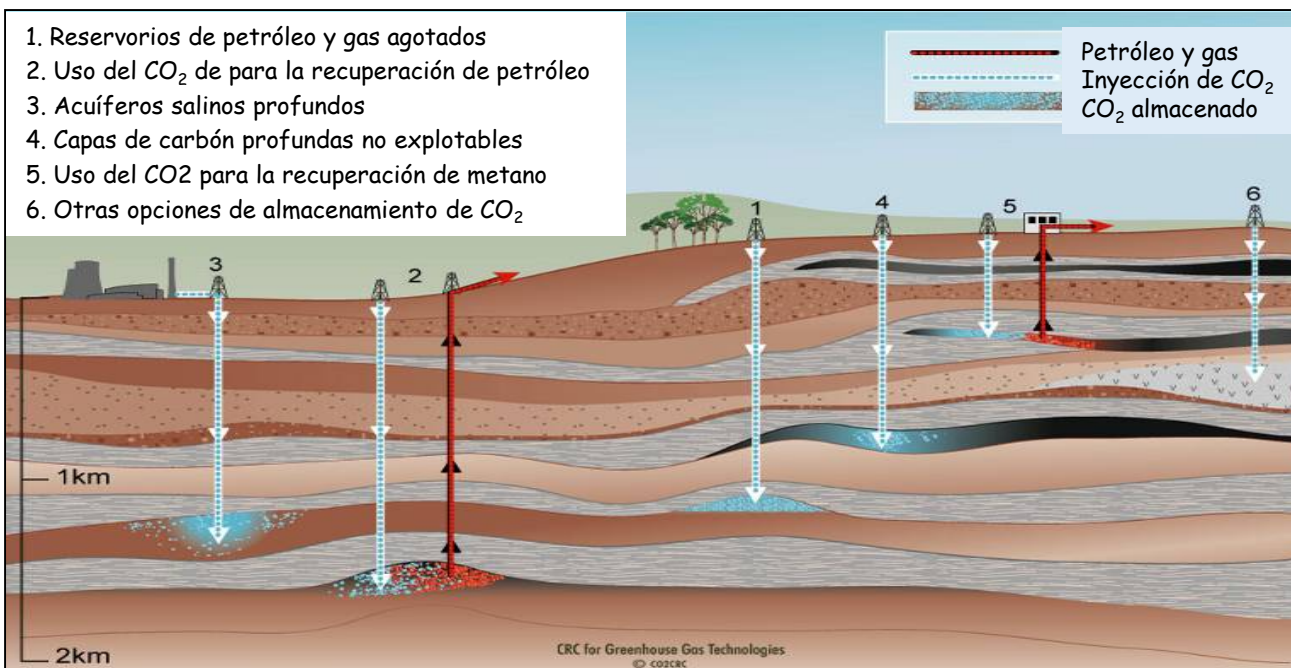
ALMACENES ECONÓMICOS
CON RECUPERACIÓN
SECUNDARIA

- DEPÓSITOS DE PETRÓLEO Y GAS (EOR Y EGR)
- CAPAS DE CARBÓN (ECBM)

ALMACENES NO ECONÓMICOS

- FORMACIONES CON AGUA SALADA
- OTROS ALMACENES ALTERNATIVOS

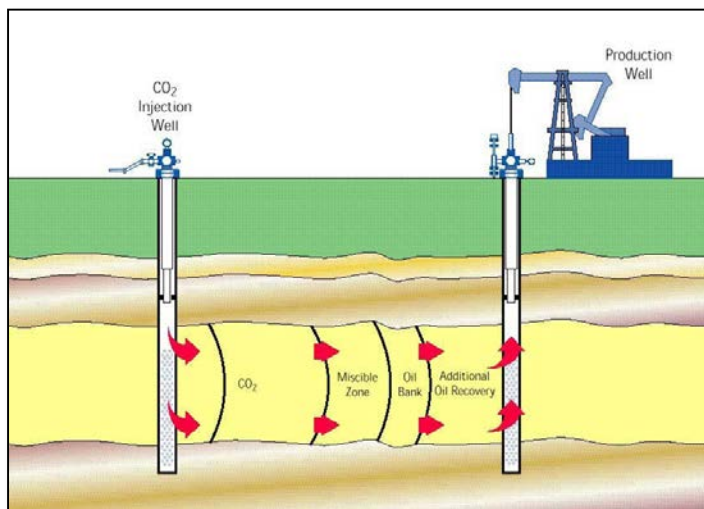
1. Reservorios de petróleo y gas agotados
2. Uso del CO₂ de para la recuperación de petróleo
3. Acuíferos salinos profundos
4. Capas de carbón profundas no explotables
5. Uso del CO₂ para la recuperación de metano
6. Otras opciones de almacenamiento de CO₂



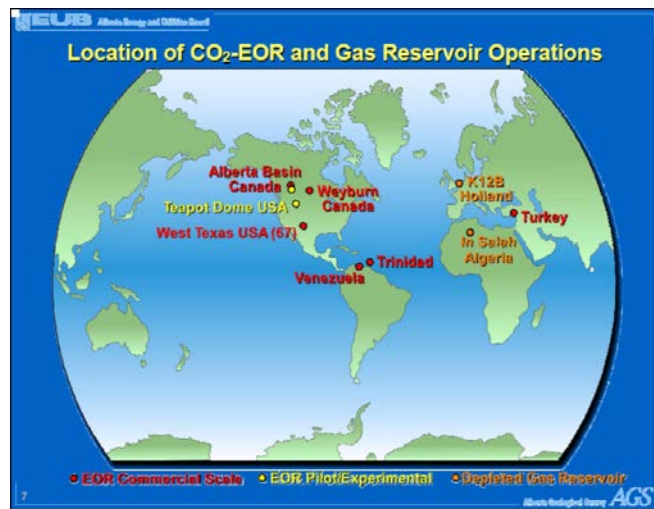
3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

Yacimientos de gas y petróleo

La opción de almacenar CO₂ en yacimientos de gas y/o petróleo es la que históricamente y a nivel mundial se plantea como primera opción y donde existe más experiencia, tanto en el caso de yacimientos agotados, como en fase de agotamiento, se emplea el CO₂ para recuperación secundaria, terciaria o como almacenamiento permanente.



Esquema de recuperación asistida de petróleo (EOR) mediante inyección de CO₂. Fuente: IEA GHG



Localización de proyectos EOR /EGR



3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂



Yacimientos de gas y petróleo




- Ventajas desde el punto de vista técnico:

- La existencia de una trampa geológica (estructural o estratigráfica) con eficacia y seguridad demostradas por almacenar hidrocarburos a lo largo de millones de años.
- Mayor conocimiento de las propiedades y características geológicas, geomecánicas y físicas del yacimiento.
- Conocimiento del comportamiento de los fluidos, sus características, movimiento y presiones dentro del yacimiento.
- Existencia de modelos ya probados y calibrados, para predecir el comportamiento dinámico de los fluidos dentro del yacimiento.
- Incrementar y mantener la producción de los campos maduros (EOR o EGR).



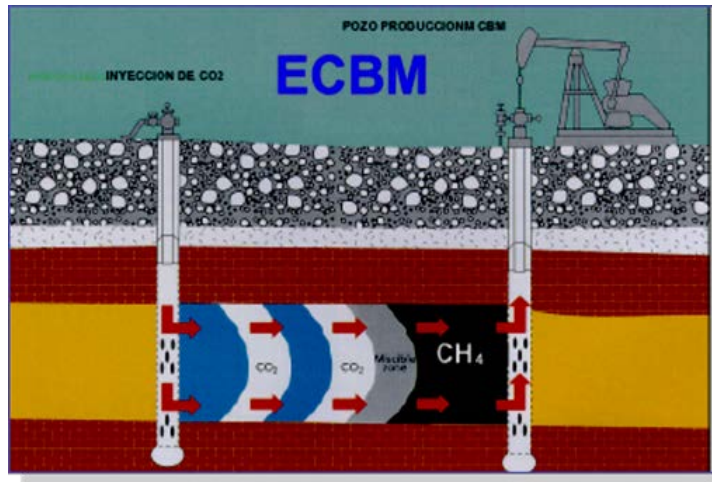
- Inconvenientes:

- Posibilidad de fugas en yacimientos antiguos de hidrocarburos a través de los pozos abandonados o viejos (los materiales, cementos y diseños empleados no contemplaban la actividad de almacenamiento de CO₂).
 - Factores económicos del proyecto, como la antigüedad de las instalaciones y su profundidad.
 - Disponibilidad cercana de fuentes de CO₂.
 - Escasa existencia en España.
- 

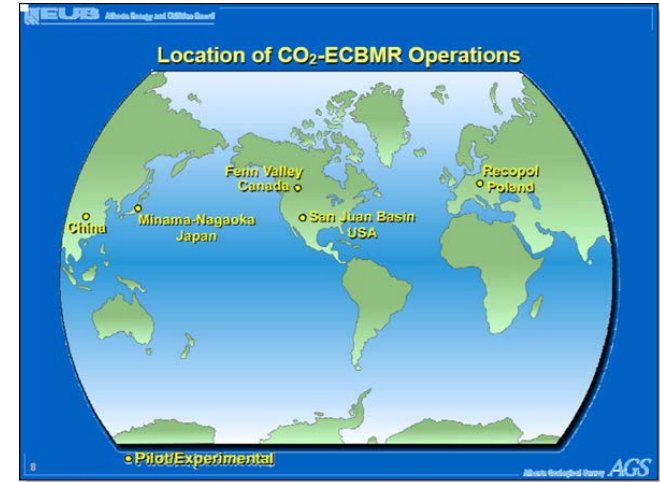
3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

Capas de carbón profundas

- Durante el proceso de carbonización se desprenden distintos gases (metano, CO₂, nitrógeno, etc.) que pueden quedar adsorbidos en el carbón.
- Al inyectar CO₂ en una capa de carbón, el metano es reemplazado por el CO₂ y queda retenido en el sistema poroso (ratio sustitución del CO₂ por metano es 4:1) generando un beneficio económico adicional debido a la producción y extracción del metano del carbón.



Esquema de recuperación asistida de metano en capa de carbón (ECBM) mediante inyección de CO₂



Localización de proyectos ECBM con almacenamiento geológico de CO₂

3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

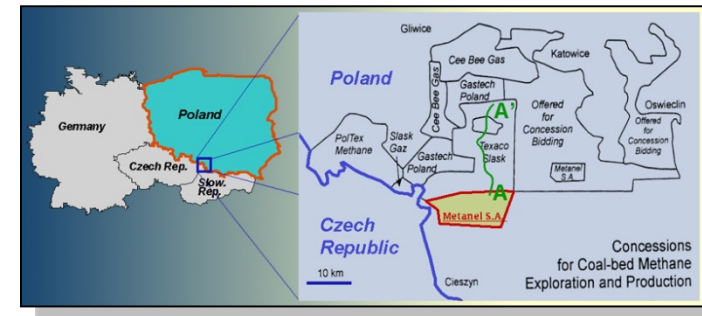
Capas de carbón profundas

● Ventajas:

- Amplios conocimientos, identificación y caracterización de las cuencas de carbón en el mundo.
- Mejora de la relación coste/beneficio con la técnica de ECBM.
- Menores costes exploratorios al estar identificadas las cuencas de carbón.
- Estabilidad del almacén. El CO₂ al igual que el metano es bastante estable en las capas de carbón, además el fenómeno de cierre de grietas y fracturas por hinchamiento contribuye al sellado del almacén.

● Inconvenientes:

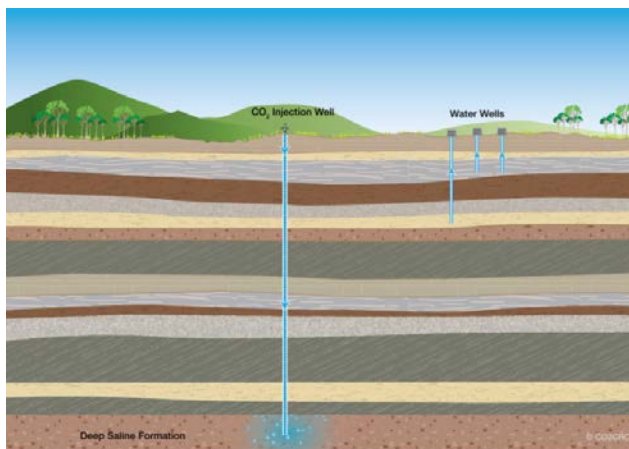
- Baja permeabilidad e hinchamiento.
- Las capas de carbón suelen poseer mucha menos potencia y extensión lateral que los acuíferos salinos profundos



3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

Acuíferos salinos profundos

Las “Formaciones Profundas con agua salada” están constituidas por rocas sedimentarias porosas y permeables que contienen agua salada (salmuera) en el espacio existente entre sus granos, en el caso de las areniscas, o en fracturas o cavidades de disolución en los carbonatos, y que normalmente se encuentran estructuralmente aisladas y a profundidades mayores que las formaciones que contienen agua dulce. Debido a su elevada salinidad, su aprovechamiento como recurso hídrico no es ni técnica ni económicamente viable.



Esquema de inyección de CO₂ en acuífero salino profundo



Localización de proyectos de almacenamiento de CO₂ en acuíferos salinos profundos

3. Tipos de almacenes geológicos de CO₂

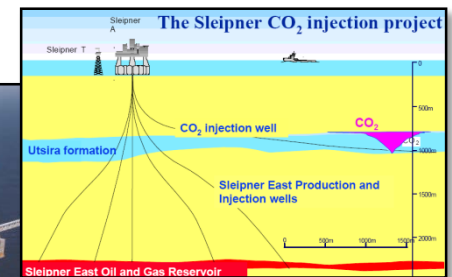
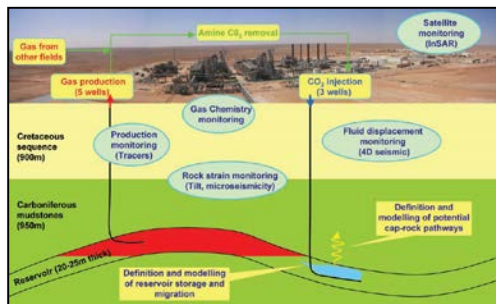
Acuíferos salinos profundos

- **Ventajas:**

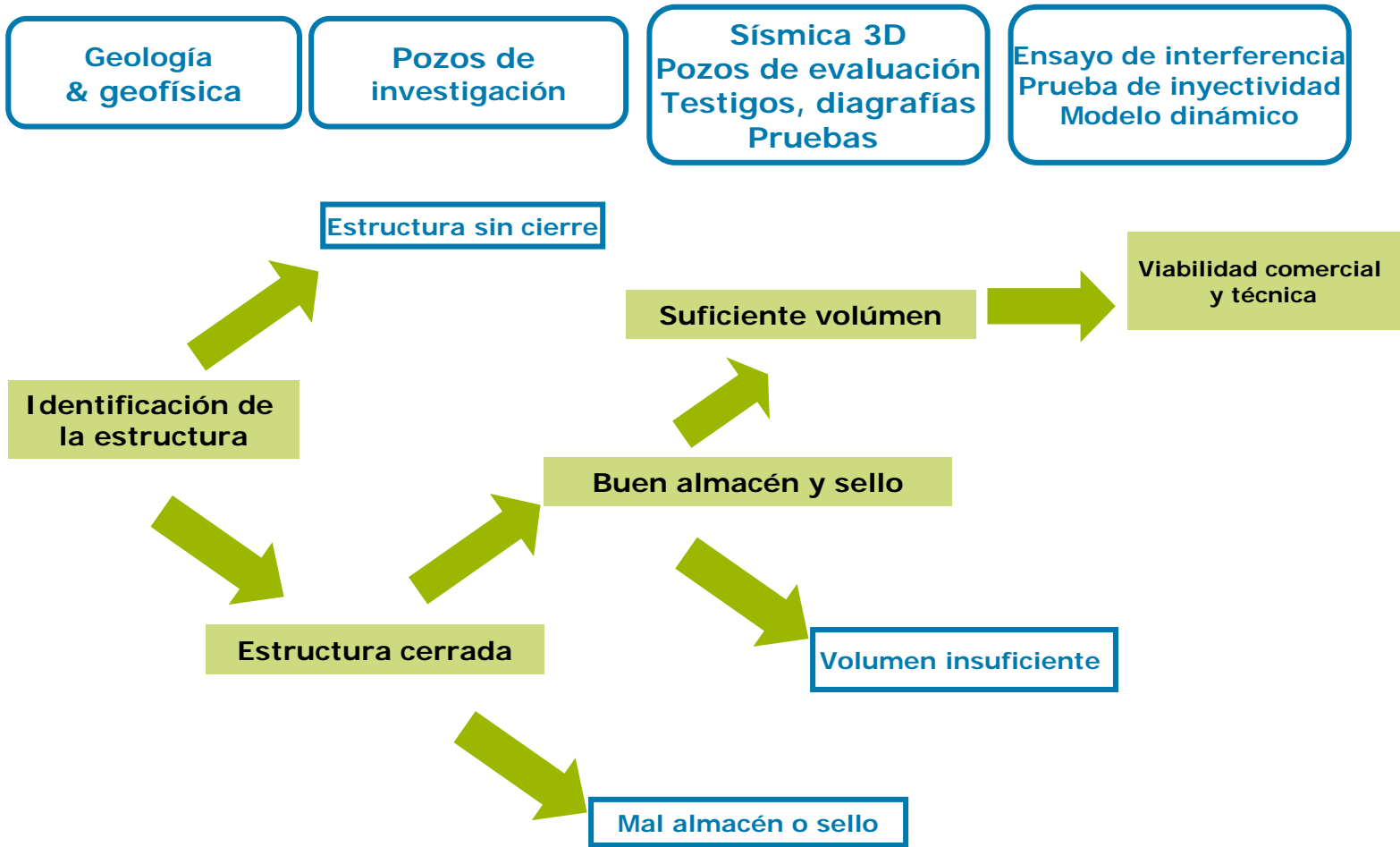
- Son estructuras con gran capacidad de almacenamiento, típicas para almacenar países no petroleros como es el caso de España.
- Existen almacenamientos de hidrocarburos en este tipo de situaciones, por lo que existe un conocimiento previo para la CAC.

- **Inconvenientes:**

- Al no existir ningún tipo de aprovechamiento actual de este tipo de estructuras, se hace necesario construir todas las instalaciones de superficie.
- Existe incertidumbre sobre la capacidad de almacenamiento de CO₂ en este tipo de formaciones.



4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

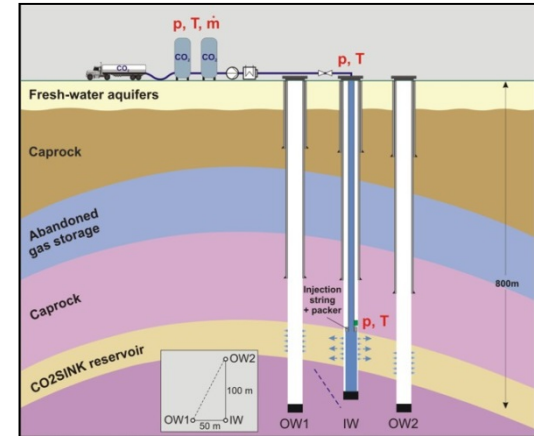


4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

A. Definición del emplazamiento

● SITUACIÓN IDEAL:

- Estructura multicapa de almacenes
- Formaciones sello que aislen los almacenes de los acuíferos superiores y de la superficie
- Estructuras suaves, no fracturadas y homogéneas en forma de domo



● SITUACIÓN REAL:

En cambio, en la mayor parte de las veces, las formaciones geológicas:

- No son homogéneas
- Presentan fallas, varias direcciones de plegamiento, etc.



Se necesitan diversas herramientas para mejorar el conocimiento del subsuelo





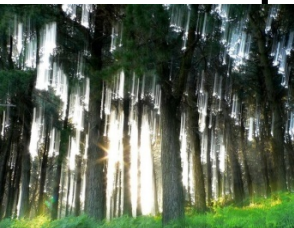


4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo



A. Definición del emplazamiento

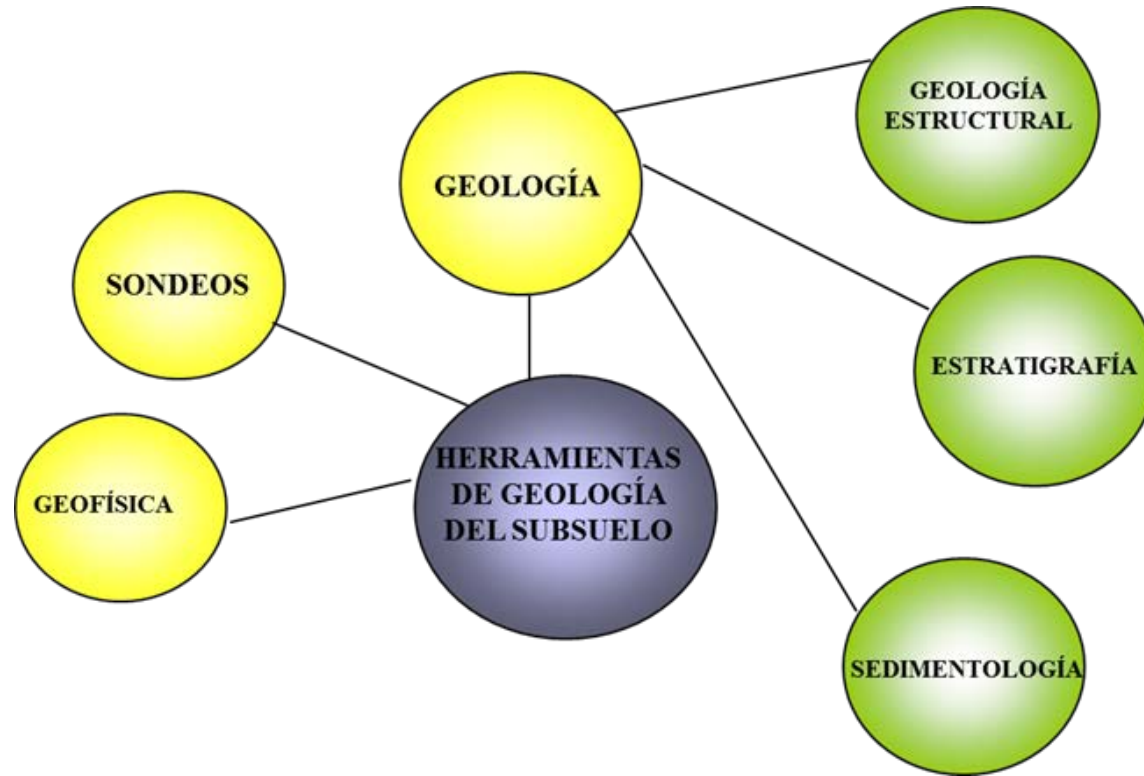
- Una vez seleccionada la región y estructura con propiedades más óptimas, será necesario establecer un programa detallado de caracterización.
- Previamente, es necesario solicitar los correspondientes permisos de exploración, de acuerdo a la legislación actual vigente:
 - Ley de Minas, 22/1973
 - Ley de Hidrocarburos, Ley 34/1998
 - Ley **40/2010** de almacenamiento geológico de dióxido de carbono.



CAPÍTULO I	Disposiciones Generales del régimen de Almacenamiento Geológico de CO ₂ (AGC)
CAPÍTULO II	Regulación de los PERMISOS DE INVESTIGACION y de las CONCESIONES de AGC
CAPÍTULO III	FUNCIONAMIENTO de AGC en Fases de INYECCIÓN y CIERRE. Sistemas de INSPECCIÓN
CAPÍTULO IV	Acceso de terceros a la RED DE TRANSPORTE y a los emplazamientos de AGC
CAPÍTULO V	Creación de REGISTRO de CONCESIONES de AGC
CAPÍTULO VI	Régimen sancionador

4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

A. Definición del emplazamiento: Herramientas a utilizar para conocimiento del subsuelo



- El subsuelo no siempre es bien conocido, especialmente en las áreas en las que no existen recursos de hidrocarburos.
- Se necesitan diversas herramientas para mejorar el conocimiento del subsuelo.
- Hay escalas diferentes de costes y áreas de trabajo.

4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

A. Definición del emplazamiento: Herramientas a utilizar para conocimiento del subsuelo. Geología

● Sedimentología:

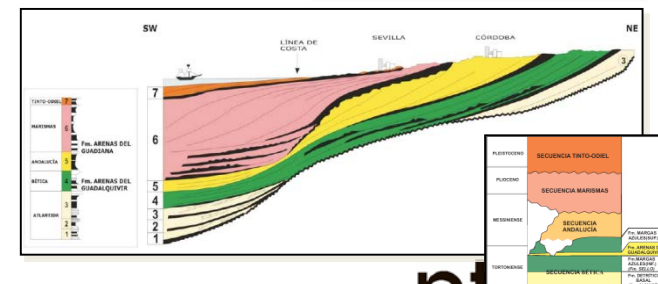
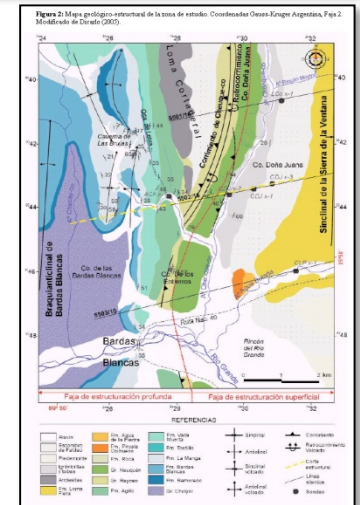
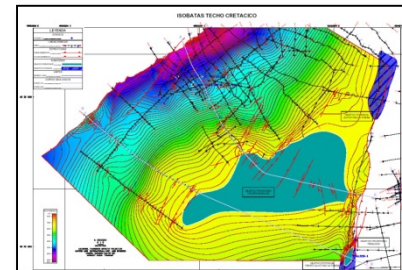
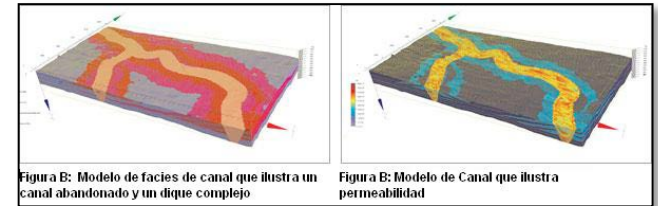
Los estudios de geología de campo permiten formular hipótesis sobre la disposición de los estratos del subsuelo, modelos de deposición detrítica y modelos de karstificación

● Estratigrafía:

- La estratigrafía secuencial permite posicionar las formaciones almacén y sello en un marco regional.
- Las formaciones cambian lateralmente y a veces están presentes sólo en algunas partes de las cuencas.

● Geología Estructural:

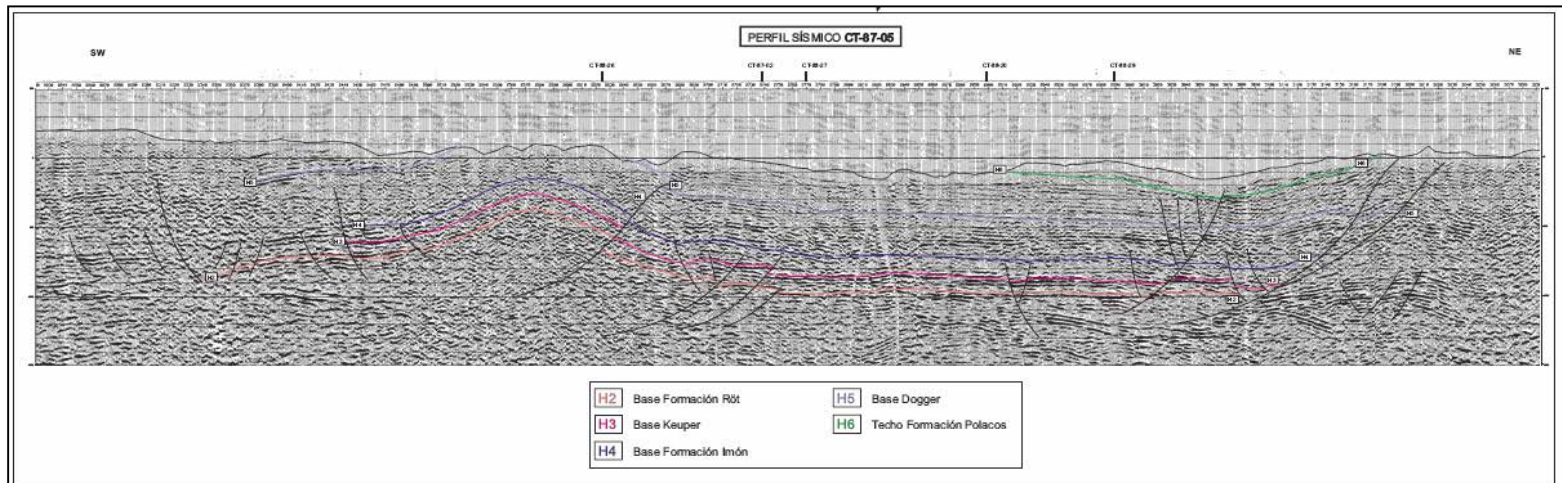
- Es necesario conocer el estilo tectónico del área de estudio para definir los tipos de estructura que pueden ser empleadas para almacenamiento
- Las estructuras son fundamentales para los cálculos de capacidad así como para la seguridad de los almacenes



4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

A. Definición del emplazamiento: Herramientas a utilizar para conocimiento del subsuelo. Geofísica

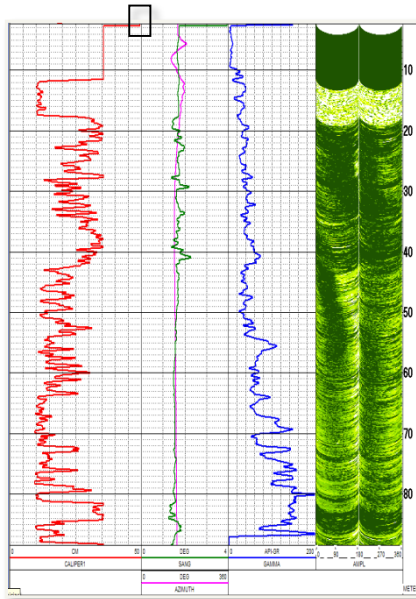
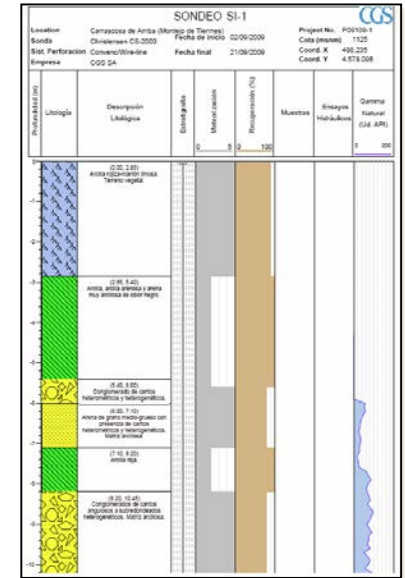
- Las herramientas geofísicas son muy útiles para definir la geometría de los almacenes y para identificar fallas y discontinuidades
- Existen varios métodos diferentes : sísmica, gravimetría, eléctrica, electromagnética...
- Sólo algunos de ellos pueden ser empleados a las profundidades necesarias: sísmica, gravimetría y magneto- telúrica
- Los métodos más precisos son también los más costosos



4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

A. Definición del emplazamiento: Herramientas a utilizar para conocimiento del subsuelo. Sondeos

- Herramienta muy potente para el conocimiento del subsuelo
- Aportan datos reales del emplazamiento seleccionado, permitiendo una validación sencilla de los modelos previos.
- Los testigos de sondeo aportan un material extraído en las condiciones de yacimiento



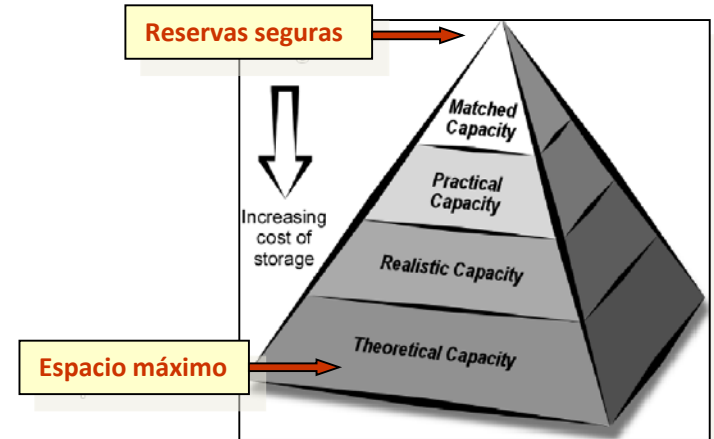
- Se pueden realizar pruebas in situ, obteniendo diferentes parámetros de toda la columna del pozo.
- Las pruebas de laboratorio se llevan a cabo sobre testigo
- Desventaja: Los datos se relacionan con un único punto (x,y,z)

4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

B. Cálculo de la capacidad de almacenamiento

¿Cuánto CO₂ podemos almacenar?

- Es necesario cuantificar la capacidad de almacenamiento
- Las metodologías de análisis deben ser homogéneas en las regiones estudiadas, con el fin de que los números sean comparables



Estimación de la Capacidad de Almacenamiento de CO₂: Concepto piramidal

Capacidad segura: Incluye un estudio detallado de las fuentes y sumideros, incluyendo el análisis operacional, la ingeniería y las necesidades de abastecimientos.

Capacidad práctica: Se tienen en cuenta barreras regulatorias y económicas, modificando los números de capacidad realista.

Capacidad realista: Tiene en cuenta barreras tecnológicas, aportando un valor más pragmático de capacidad de almacenamiento.

Capacidad teórica: Incluye grandes volúmenes de oportunidades no económicas, dando un límite físico de la capacidad de almacenamiento. Se trata de resultados muy poco realistas.

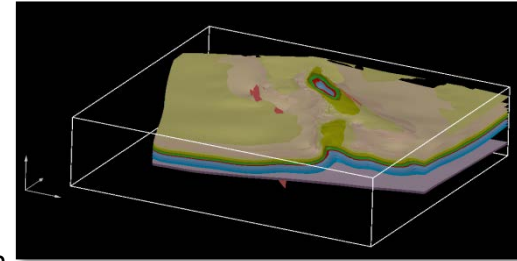
4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

C. Caracterización del emplazamiento

● ELABORACIÓN DE MODELOS GEOLÓGICO 3D

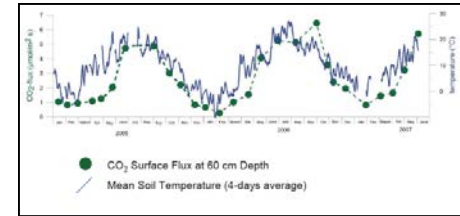
Definición precisa de la geometría del emplazamiento y simulación del comportamiento del CO₂ en el almacén (Modelos estático y dinámico)

Tendrá en cuenta la información geológica, la formación almacén, la formación sello y la cobertera así como la fracturación y los pozos existentes, como vías de escape más probables.



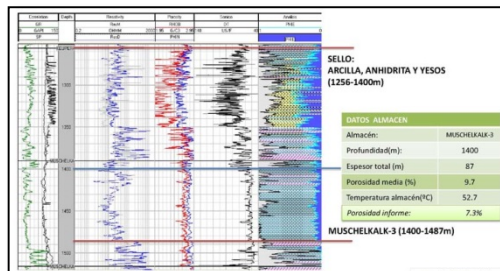
● DEFINICIÓN DE UNA LÍNEA DE BASE DE CONTENIDO EN CO₂ tanto en superficie como en el subsuelo, con el fin de conocer si existen fugas en el complejo de almacenamiento

Esta línea de base incluirá no sólo los valores de concentración, sino también los análisis isotópicos que permitirán discernir entre el CO₂ inyectado y el que proviene de procesos naturales



● Antes de tomar la decisión de almacenar o no hacerlo, es extremadamente importante tener una buena DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS PETROFÍSICOS CLAVE (porosidad, permeabilidad, módulos elásticos...) mediante :

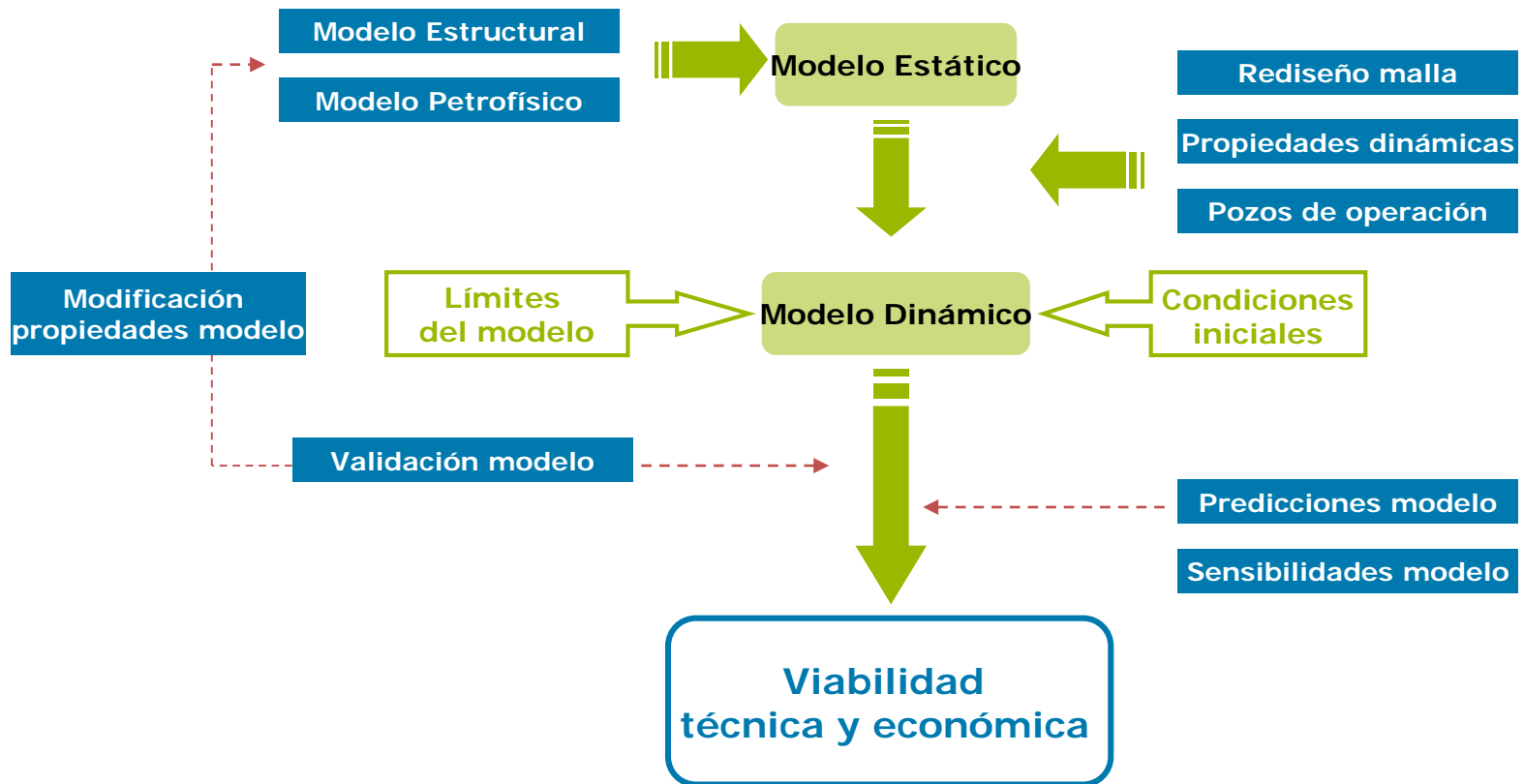
Testificación geofísica y ensayos de laboratorio y las pruebas específicas en pozo (DST, pruebas de producción, etc...)



Análisis microscópico y ensayos triaxiales a compresión

4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo

D. Viabilidad técnica y económica: Modelo dinámico de simulación numérica








4. Fases de un proyecto de almacenamiento subterráneo



D. Viabilidad técnica y económica: Modelo dinámico de simulación numérica - Objetivos del modelo

- 
- 
- 
- Obtener la viabilidad técnica y comercial del Almacenamiento subterráneo:
 - Volumen máximo de CO₂ almacenable
 - Número de años necesarios para alcanzar inyectar el CO₂
 - Optimizar la etapa de desarrollo del futuro almacenamiento:
 - Instalaciones de subsuelo: Número, situación y tipo de pozos
 - Instalaciones de superficie: Instalaciones de bombeo, capacidad tratamiento de la planta
 - Establecer un programa de llenado para la creación de la burbuja de CO₂ en el interior de la formación almacén.

5. Proyectos de almacenes geológicos de CO₂

Instalaciones CAUC a gran escala

Fuente: Datos Global CCS Institute

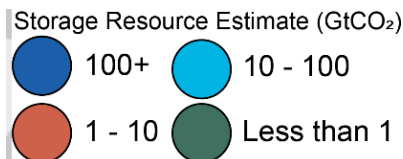
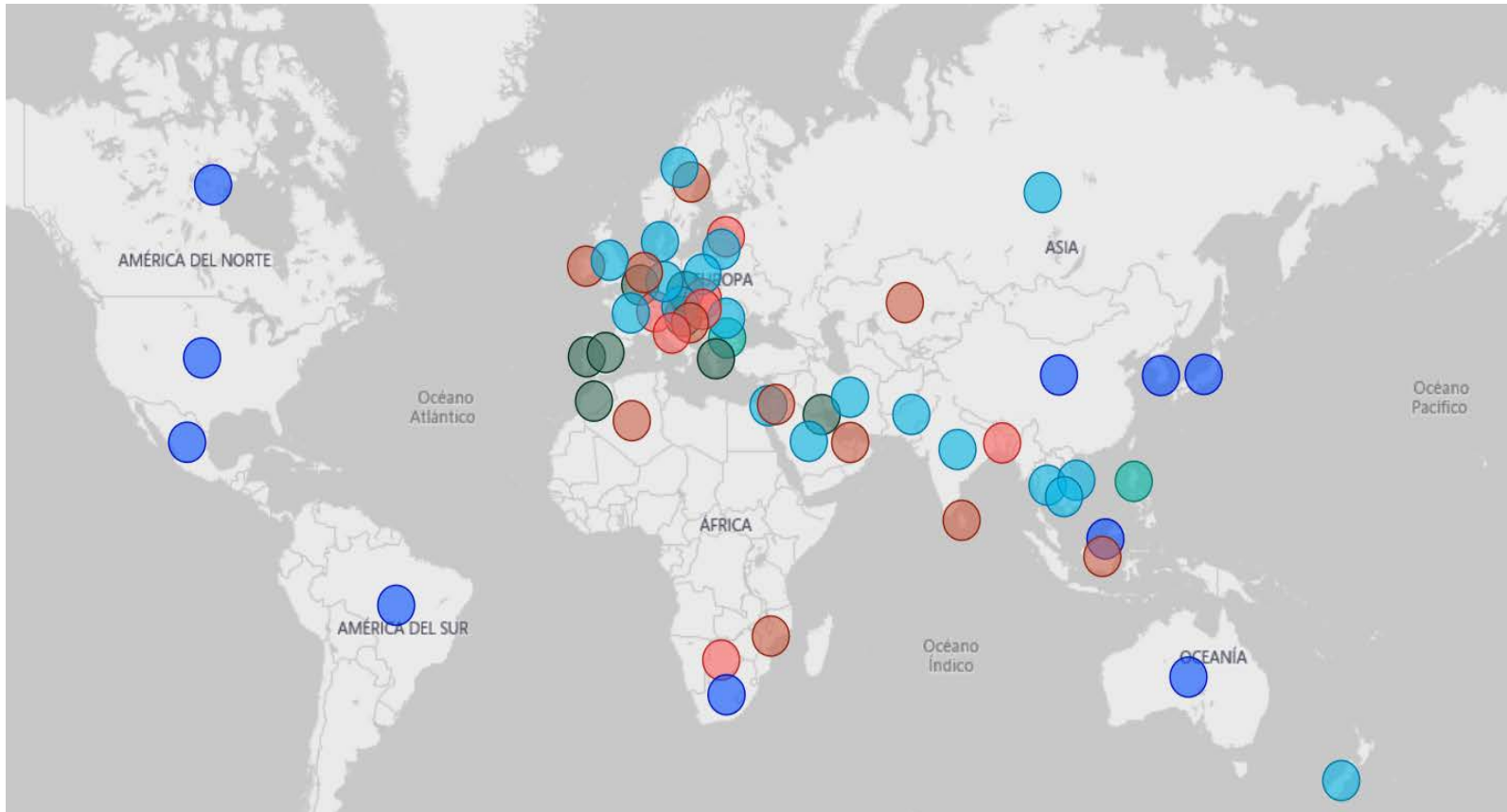


- Actualmente hay 19 instalaciones CAUC operando a gran escala
- 4 en avanzado desarrollo (Australia, Países Bajos, Noruega y EE.UU).
- 5 en fase de construcción (China, Canadá y Australia).
- 16 proyectos en desarrollo.

5. Proyectos de almacenes geológicos de CO₂

Estimación de CO₂ que podemos almacenar

Fuente: Datos Global CCS Institute

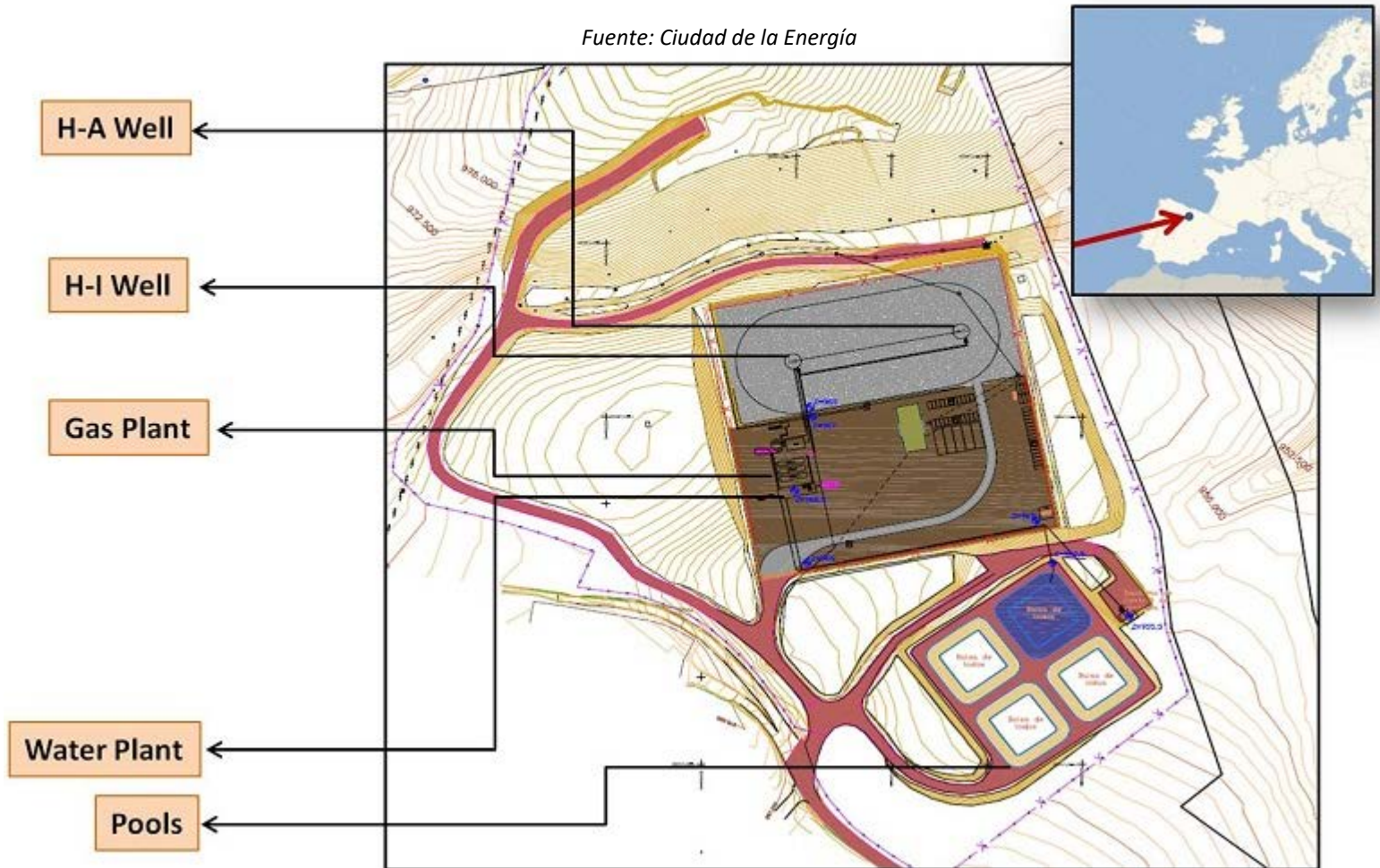


5. Proyectos de almacenes geológicos de CO₂

Proyectos de almacenamiento geológico de CO₂ en España

Planta de almacenamiento de CO₂ en Hontomín (Burgos)
Fundación Ciudad de la Energía de Ponferrada (Ciuden)

Fuente: Ciudad de la Energía



5. Proyectos de almacenes geológicos de CO₂

Proyectos de almacenamiento geológico de CO₂ en España

Planta de almacenamiento de CO₂ en Hontomín (Burgos)

La instalación de Ciuden es la única planta piloto de almacenamiento geológico de CO₂ en plataforma continental que actualmente se encuentra en operación en Europa.

Fuente: Ciudad de la Energía

Equipada con un pozo de inyección y uno de monitorización de 1.580 m. Ambos están equipados con capacidades que incluyen una red de monitoreo hidrogeológico y un conjunto de herramientas en superficie con 30 estaciones microsísmicas.






6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España



El **IGME** ha desarrollado un **programa de Geología del subsuelo y Almacenamiento Geológico de CO₂**:

- **Objetivo general**: profundizar en el conocimiento de la estructura y propiedades físicas del subsuelo del país, integrando información geológica, hidrogeológica y geofísica,
- **Objetivo particular**: determinar la capacidad, localización espacial y caracterización geométrica e hidráulica de las formaciones geológicas susceptibles de ser utilizadas como almacén de CO₂, así como establecer el comportamiento del terreno como reservorio geológico.



Participación en numerosos proyectos nacionales, europeos, plataformas, redes de trabajo, etc.

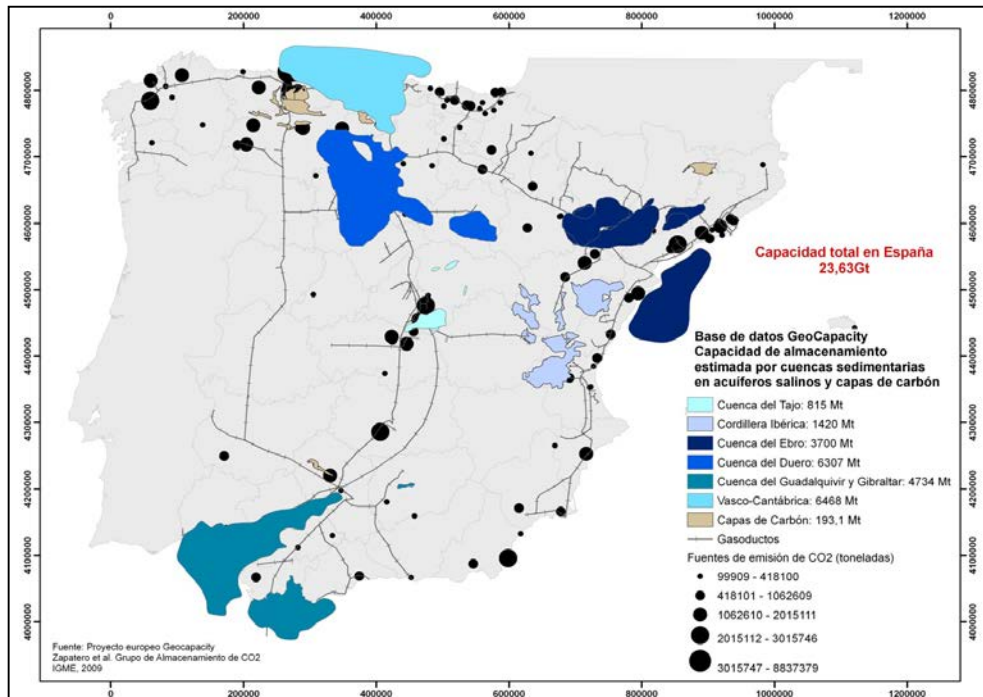
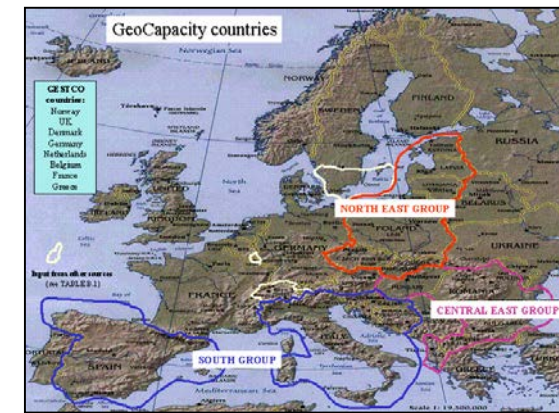
6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

PROYECTO EUROPEO GEOCAPACITY (2006-2009)

- Proyecto europeo financiado por el VI Programa Marco (continuación del GESTCO)
- Determinación de la Capacidad Europea de Almacenamiento Geológico de CO₂



PAÍSES PARTICIPANTES



Fuente: www.geocapacity.eu

6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

“PLAN DE SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN ESPAÑA” PLAN ALGECO2

Financiado por el Instituto para la Reestructuración de la Minería del Carbón y el Desarrollo Alternativo de las Comarcas Mineras (IRMC), dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, como resultado del Acuerdo firmado con fecha 5 junio de 2009 entre el IRMC y el IGME.

Objetivos generales :

- **Selección** de 40-60 áreas con estructuras geológicas capaces de almacenar, en condiciones de seguridad para las personas y el medio ambiente, un volumen de CO₂ suficiente como para reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono de origen antropogénico.
- **Caracterización** geológica en 3D de las áreas seleccionadas. Estimación de su capacidad de almacenamiento de CO₂ y priorización/jerarquización de las mismas.

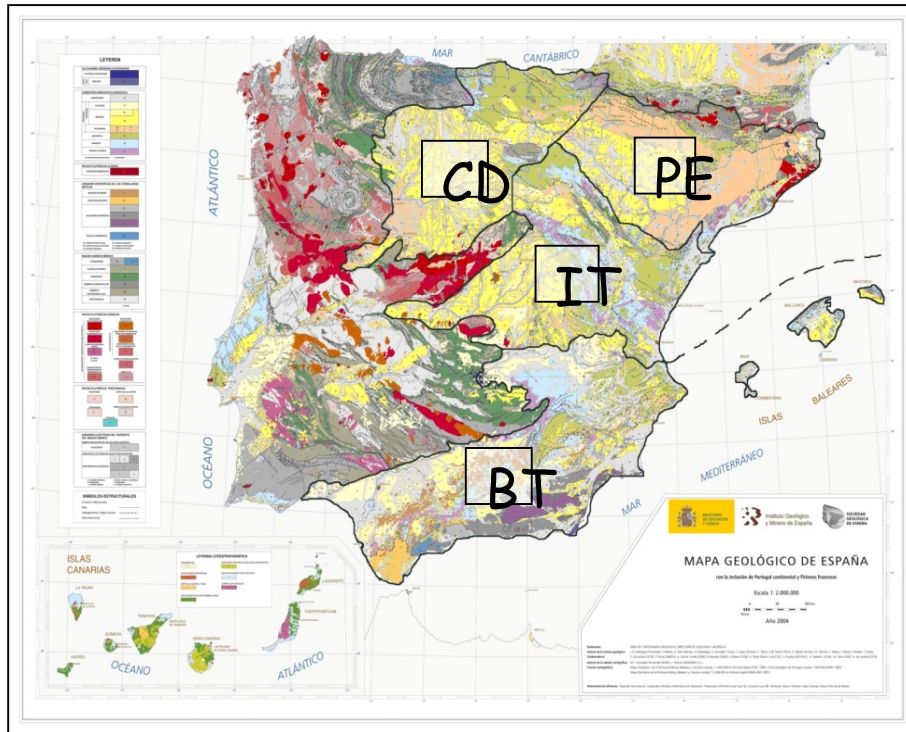
Primera Fase : (2010-2011) Segunda Fase: (2012- 2014)

6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

PLAN ALGECO2

□ Primera Fase : (2010-2011)

- Estudio sistemático del territorio nacional que permitió la identificación de 103 estructuras geológicas para el almacenamiento de CO₂, a través del estudio de la información del subsuelo disponible en España procedente de la exploración histórica del mismo, a través de estudios geológicos, hidrogeológicos, geofísicos, perforación de sondeos y otras herramientas.



- Campaña de perforación (2.500 m) de sondeos cortos con extracción de testigo continuo, con el fin de realizar una caracterización petrofísica detallada de las formaciones geológicas más prometedoras.

6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

PLAN ALGECO2

Síntesis de resultados

Mapas generados y estructuras estudiadas

CUENCA	BG	IT	CD	PE	TOTAL
Mapas Isobatas	4	4	12	4	24
Mapas Isopacas	4	17	10	12	43

Regiones de estudio	ESTRUCTURAS
Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir (BG)	19
Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán (IT)	31
Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero (CD)	34
Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro (PE)	19
Total estructuras analizadas	103

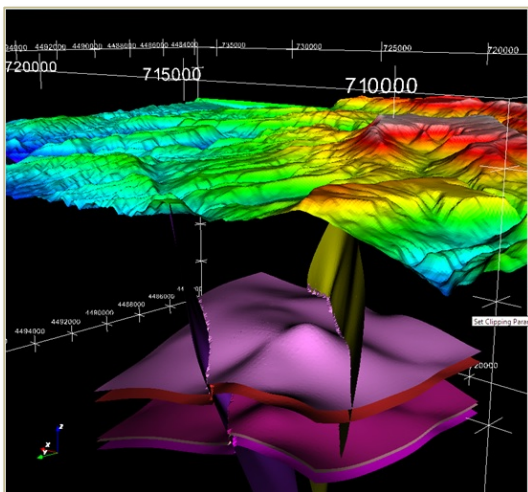
6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

PLAN ALGECO2

□ Segunda Fase : (2012-2014)

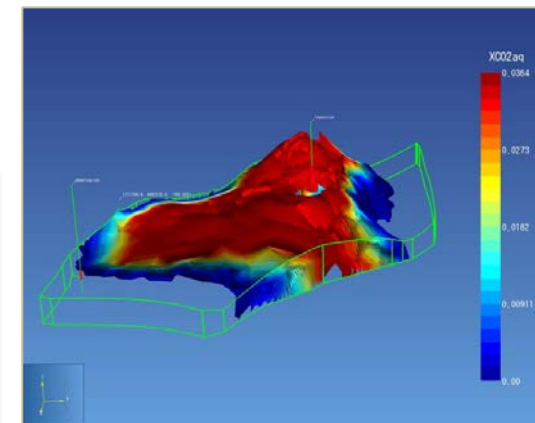
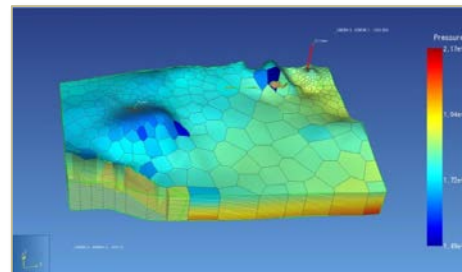
Tres grandes líneas de actividad:

- 1) Modelización geológica 3D de estructuras para almacenamiento de CO₂ según lo estipulado en el Anexo I de la Ley 40/2010
- 2) Simulación dinámica de inyecciones de CO₂ en estructuras subterráneas , según lo estipulado en el Anexo II de la Ley 40/2010



Modelo estático 3D
Almacén M-III Noroeste

Modelo dinámico 3D
Maestrazgo III



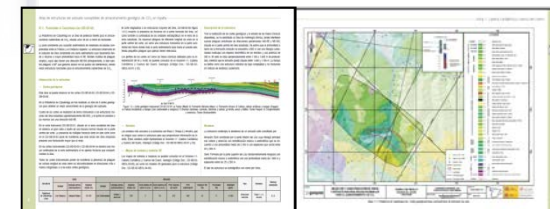
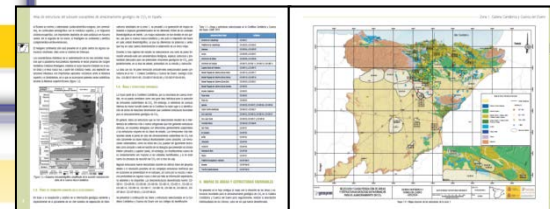
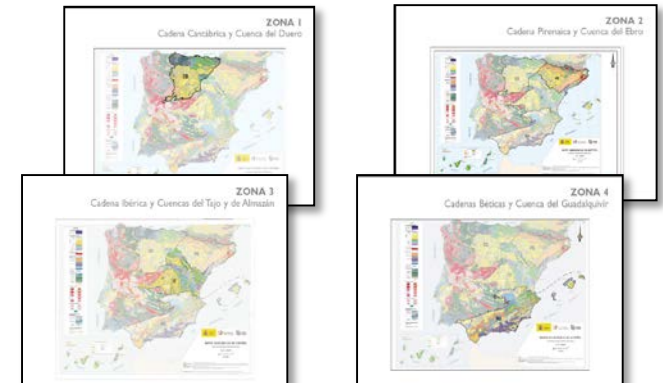
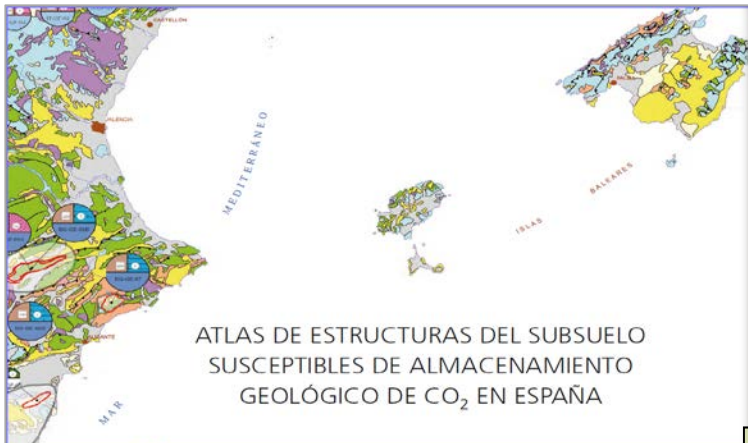
Modelo dinámico 3D
Villameriel

6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

Generación de aplicaciones y productos de información del subsuelo en España

ATLAS DE ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO SUSCEPTIBLES DE ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN ESPAÑA

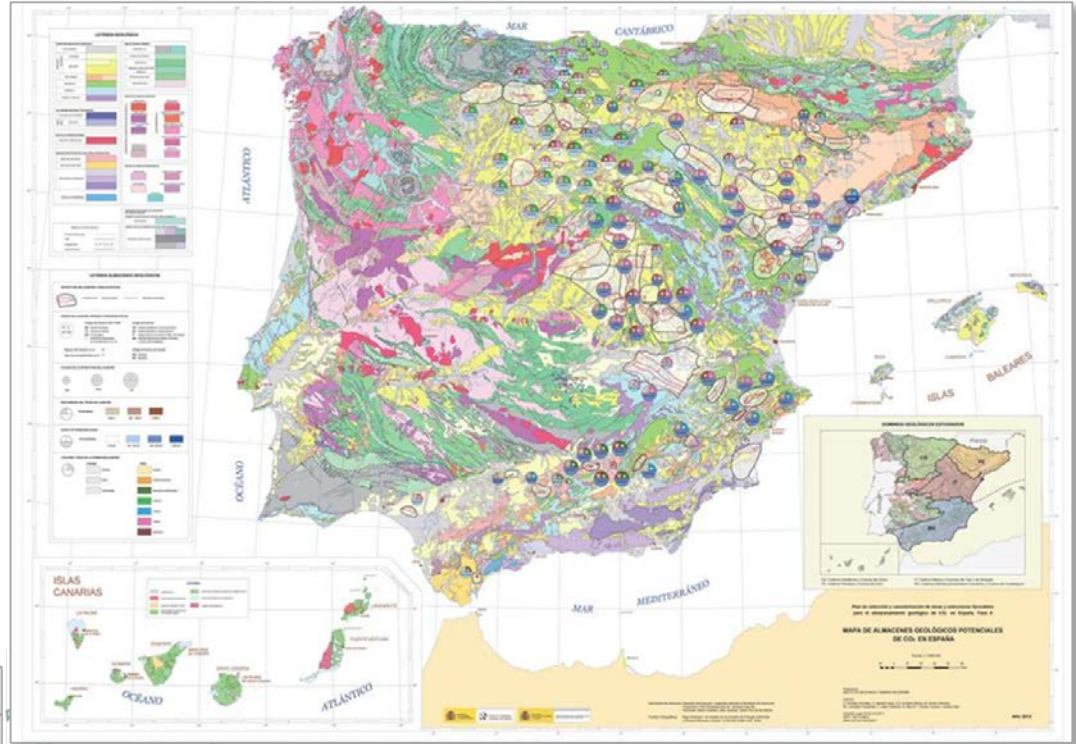
ISBN: 978-84-7840-935-8 Año 2014, 211p.



6. Estado del conocimiento del almacenamiento de CO₂ en España

Mapa de almacenes geológicos potenciales de CO₂ en España

<http://info.igme.es/almacenesco2/>

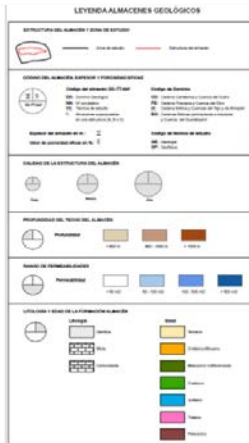


Valoración de la estructura como posible almacén (ALGECO)

- ✓ Formación
- ✓ Sello
- ✓ Fracturación

Información intrínseca de la formación almacén

- ✓ Porosidad
- ✓ Permeabilidad



Información geométrica

- ✓ Límites (estructura y zona de estudio)
- ✓ Espesor del almacén
- ✓ Profundidad de la fm. Almacén

Información litoestratigráfica

- ✓ Litología
- ✓ Edad

ISBN: 978-84-7840-928-0 Año 2014



¡Muchas gracias!

Síguenos:



@pteco2



facebook.com/pteco2



PTECO2

 YouTube^{ES} PTECO2

Contacto:



www.pteco2.es



secretaria@pteco2.es



+ 34 91 441 89 82