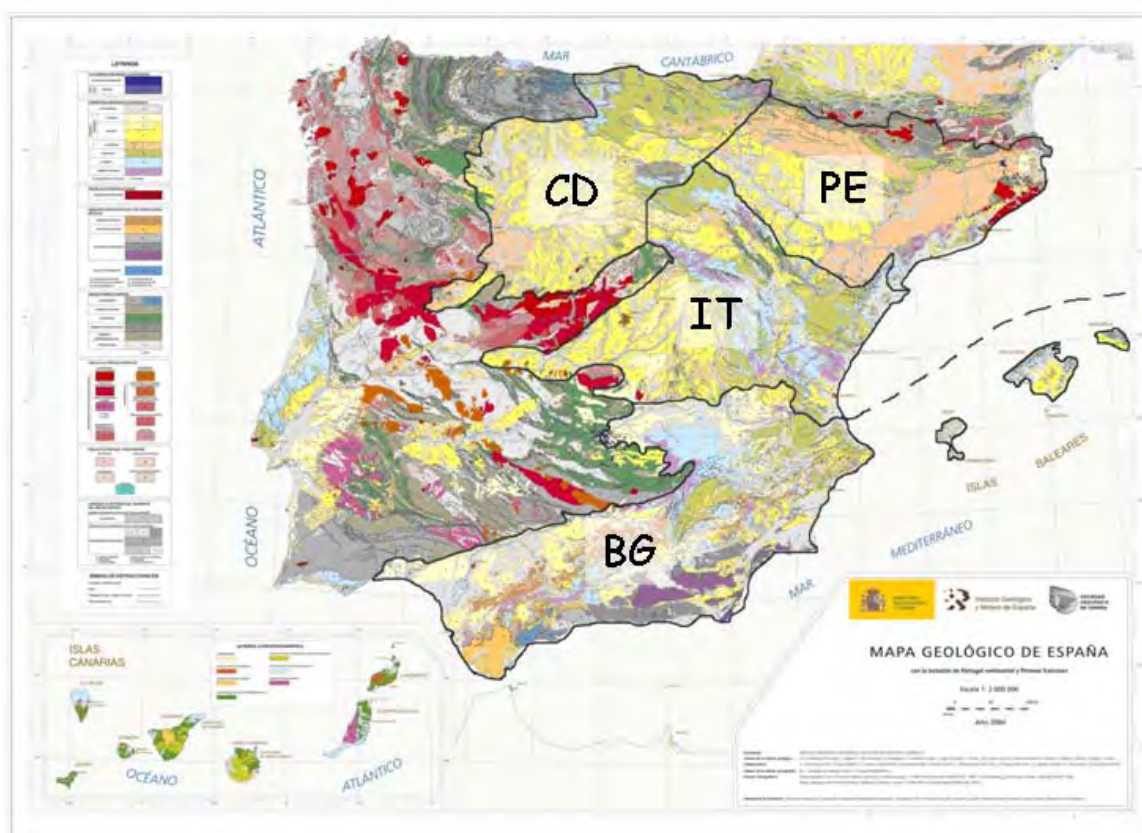


PLAN DE SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN ESPAÑA

RESUMEN EJECUTIVO



Octubre 2010

José Luis García Lobón
María Isabel Reguera García
Juliana Martín León
Carmen Rey Moral
Edgar R. Berrezueta Alvarado



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS GENERALES (año_1 2009-2010):.....	6
3. TAREAS REALIZADAS.....	7
4. RESULTADOS.....	13
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA, UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA Y CAPACIDAD ESTIMADA DE LOS ALMACENES SELECCIONADOS	13
4.1.1. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero	14
4.1.2. PE: Pirineo y Cuenca del Ebro	15
4.1.3. IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán.....	15
4.1.4. BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.....	17
4.2. JERARQUIZACIÓN DE ESTRUCTURAS (PANEL DE EXPERTOS)	17
4.2.1. Taller presencial y obtención de consenso (Delphi)	17
4.2.2. Jerarquización de Almacenes	23
4.3. APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FAVORABILIDAD Y FIABILIDAD A ESTRUCTURAS CON CAPACIDAD SUPERIOR A LOS 50 Mt CO ₂	24
4.3.1. Determinación de la Fiabilidad	24
4.3.2. Aplicación de Criterios de Favorabilidad y Fiabilidad a estructuras con capacidad superior a los 50 Mt CO ₂	25
5. RESUMEN DE RESULTADOS.....	31
5.1. CAPACIDADES	31
5.2. DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES DE MAYOR CAPACIDAD (>50 Mt DE CO ₂).....	32
5.3. CONSIDERACIÓN DE LA TOTALIDAD DE CRITERIOS DE FAVORABILIDAD. DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	33
5.4. ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS DIGITALES	38
5.5. AVANCE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN CÁMARA HIPERBÁRICA (evolución del sistema poroso de rocas sedimentarias sometidas a la acción del CO ₂ en estado supercrítico: aplicación al almacenamiento geológico de CO ₂).....	41
5.5.1. Introducción.....	41
5.5.2. Muestras ensayadas	41
5.5.3. Discusión y primeras conclusiones de la inyección experimental de CO ₂ en rocas detríticas (Areniscas de Linares y Tiermes)	41
6. CONCLUSIONES.....	44
ANEXOS	52
ANEXO 1. ACREDITACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO DE LOS 11 PROYECTOS DEL PLAN ALGECO2.	53
ANEXO 2. ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LOS 11 PROYECTOS DEL PLAN ALGECO2.....	58

Nota: este RESUMEN EJECUTIVO ha sido preparado por el coordinador del “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, José Luis García Lobón, Jefe del Área de Investigación del Subsuelo y Almacenamientos Geológicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), con la colaboración de Carmen Rey Moral, Juliana Martín León y María Isabel Reguera García, todos pertenecientes al Área de Investigación del Subsuelo citada, y Edgar Berrezueta Alvarado, de la Unidad de Oviedo.



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Delimitación de los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.....	7
FIGURA 2. Ejemplos de Límites estratigráficos y Discordancias mayores de referencia. Arriba: Isobatas del Basamento Varisco en la zona Pirineo/Ebro. Abajo: Isobatas de la base del Cretácico en la zona Ibérica/Tajo.....	10
FIGURA 3. Ejemplos de Modelos geológicos de estructuras seleccionadas. Arriba: Tielmes. Abajo: Tribaldos (izquierda) y Murcia B-1 (derecha).....	11
FIGURA 4. Ejemplos de Modelos Hidrogeológicos regionales. Arriba: Modelo conceptual de simulación de flujo profundo en el Jurásico de la Plataforma Burgalesa, Cubeta Alavesa y Montes Obarenes-Sierra de Cantabria. Abajo: Modelo numérico del Trías de la Depresión Intermedia.....	12
FIGURA 5. Las 103 estructuras estudiadas del Plan ALGECO2 ordenadas por capacidad.....	13
FIGURA 6. Histograma de capacidades de las 103 estructuras estudiadas del Plan ALGECO2.....	14
FIGURA 7. Mapa de estructuras geológicas estudiadas. Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000. (1/BG-GE-01: código estructura panel expertos/código estructura PLAN ALGECO2).....	16
FIGURA 8. Mapa de jerarquización de las estructuras geológicas estudiadas. Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.....	23
FIGURA 9. Mapa de Favorabilidad/Fiabilidad de las estructuras geológicas estudiadas. Favorabilidad según criterios geológicos. Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO ₂ . Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.....	27
FIGURA 10. Detalles de mapas de Favorabilidad/Fiabilidad de las estructuras geológicas estudiadas. Favorabilidad según Criterios geológicos. 55 Almacenes de capacidad superior a 50 Mt CO ₂ . PE: 10 estructuras; CD: 19 estructuras; IT: 13 estructuras; BG: 13 estructuras. Base: mapa geológico de España E 1: 1.000.000.....	28
FIGURA 11. Mapa de Favorabilidad/Fiabilidad de las estructuras geológicas estudiadas. Favorabilidad según criterios geológicos + hidrogeológicos (ciencias de la tierra). Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO ₂	29
FIGURA 12. Mapa de Favorabilidad/Fiabilidad de las estructuras geológicas estudiadas. Favorabilidad según criterios de ciencias de la tierra y socioeconómicos. Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO ₂	30
FIGURA 13. Pirineos-Cuenca del Ebro: variación de la distribución de estructuras por Favorabilidad/Fiabilidad según se consideren Criterios geológicos (cuatro; arriba) o la totalidad de Criterios (once; abajo).....	36
FIGURA 14. Dibujo esquemático y de detalle del proceso de inyección de CO ₂	43
FIGURA 15. Estructuras geológicas según Favorabilidad / Fiabilidad en geología (Fuente: Panel Expertos).....	46
FIGURA 16. Posición de los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes del Plan ALGECO2 en relación con los principales focos de emisión (Centrales térmicas/Industria).....	49



FIGURA 17. Posición de los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes del Plan ALGECO2 en relación con los principales focos de emisión (Centrales térmicas/Industria) y posibilidades de Almacenamiento en el offshore próximo a costa..... 50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Distribución de Proyectos, Equipos de trabajo y Supervisores del IGME del plan ALGECO2.....	9
TABLA 2. Distribución de estructuras del plan ALGECO2. Capacidad total estimada.....	13
TABLA 3. Instituciones, Universidades, Empresas y Colegios profesionales representados en el Panel de Expertos....	19
TABLA 4. Distribución de Expertos e Instituciones representados en el Panel.....	19
TABLA 5. Distribución de los 11 Criterios y 61 Parámetros de Favorabilidad de Almacenes.....	20
TABLA 6. Tabla de pesos absolutos de cada criterio, parámetro o rango de favorabilidad en Ciencias de la Tierra expresado sobre 100.....	21
TABLA 7. Tabla de peso absoluto de cada criterio, parámetro o rango de favorabilidad Socioambiental expresado sobre 10.....	22
TABLA 8. Tabla ejemplo con los criterios-parámetros considerados (estructura BG-GE-02 – Alto Guadalquivir – Mesozoico). Puntuación obtenida: Favorabilidad Geológica: 72.6. Favorabilidad en Ciencias de la Tierra (geología+hidrogeología): 69.9. Favorabilidad Total (geología+hidrogeología+ socioeconomía): 68.7.....	22
TABLA 9. Tabla de Fiabilidad según origen información. La Fiabilidad no se aplica a la Información Socioeconómica...	24
TABLA 10. Distribución de estructuras por Favorabilidad/Fiabilidad según Criterios geológicos.....	25
TABLA 11. Tabla de capacidades totales por Cuenca en los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.....	32
TABLA 12. Tabla de capacidades de almacenes de Alta Favorabilidad según Criterios geológicos de los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.....	32
TABLA 13. Distribución de estructuras y capacidades por Favorabilidad/Fiabilidad según Criterios geológicos. Almacenes de más de 50 Mt CO ₂	33
TABLA 14. Tabla de Estructuras geológicas por regiones de estudio y Favorabilidad/Fiabilidad total. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja).....	34
TABLA 15. Tabla de Estructuras geológicas por Comunidades Autónomas y Favorabilidad/Fiabilidad. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja).....	34
TABLA 16. Distribución de estructuras y capacidades por Favorabilidad/Fiabilidad según la totalidad de Criterios (11). Almacenes de más de 50 Mt CO ₂	35



TABLA 17. Tabla de Estructuras geológicas por Comunidades Autónomas y Favorabilidad /Fiabilidad total. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja). En amarillo: almacenes terrígenos; en azul, carbonatados.....	37
TABLA 18: Tabla de distribución de Capacidades (Mt ó Gt de CO ₂) por Comunidades Autónomas y Favorabilidad/ Fiabilidad total. CCAA con mayor capacidad de almacenamiento.....	45
TABLA 19: Tabla de de Capacidades (Mt de CO ₂) de los 14 mayores Complejos de Almacenamiento estudiados	46
TABLA 20: Estimaciones de las inversiones (y de su “rentabilidad exploratoria” en Mt de CO ₂ almacenadas por millón de euros invertido, teniendo en cuenta el factor de fiabilidad) requeridas en los trabajos de detalle de una segunda fase del Plan ALGECO2 en los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes existentes en España continental	47
TABLA 21: Tres escenarios de selección de los 14 mejores Complejos de Almacenamiento analizados (las rentabilidades en Mt de CO ₂ almacenadas por millón de euros invertido, se refieren a capacidades teniendo en cuenta el Factor de fiabilidad)	47



1. INTRODUCCIÓN

El IGME desarrolla actualmente un programa de Geología del subsuelo y Almacenamiento geológico de CO₂, que tiene como **objetivo general** profundizar en el conocimiento de la estructura y propiedades físicas del subsuelo del país, integrando información geológica, hidrogeológica y geofísica, y como **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. El programa abarca aspectos de investigación y de desarrollo de métodos de modelización geológica en 3D, análisis estructural, registros geofísicos, etc. El programa se ha plasmado, durante los años 2009-2010 en el denominado “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2, que ha recibido el apoyo financiero del Instituto para la Reestructuración de la Minería del Carbón y el Desarrollo Alternativo de las Comarcas Mineras IRMC, dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, MITYC.

En el contexto normativo en esta materia, la Directiva 2009/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono, Diario Oficial de la Unión Europea de 5 de Junio 2009, establece las bases para que el almacenamiento geológico de CO₂ se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad para las personas y el medioambiente. Desde el punto de vista técnico, el almacenamiento geológico de CO₂ implica la localización de las formaciones geológicas adecuadas, capaces de retener grandes cantidades de CO₂ sin que exista riesgo de escape y a un coste razonable. El CO₂ debe ser capturado en las instalaciones de las grandes fuentes de emisión, transportado y finalmente inyectado en el subsuelo. De acuerdo con los informes del IPCC, los lugares aptos para llevar a cabo la inyección de CO₂, son las formaciones permeables profundas con agua salada, los yacimientos de hidrocarburos (petróleo, gas) agotados o en vías de agotamiento, y las capas de carbón profundas de difícil explotación.

Con los resultados de la primera fase (2009-2010) del Plan de Almacenamiento Geológico de CO₂ del IGME se ha obtenido la selección y caracterización inicial de las áreas y estructuras más favorables para el almacenamiento geológico de CO₂ en las principales cuencas sedimentarias españolas.

2. OBJETIVOS GENERALES (año_1 2009-2010):

Toda la actividad desarrollada se enmarca en el contexto de un gran Plan del Instituto Geológico y Minero de España, Plan ALGECO2, que en una primera fase realizada entre 2009-2010 ha pretendido, en diferentes regiones geológicas, la:

- Selección de unas 60-80 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; y la,
- Caracterización geológica en 3D de las áreas seleccionadas. Estimación de su capacidad de almacenamiento de CO₂ y priorización/jerarquización de las mismas.

La condición inicial, aunque no excluyente de otras posibilidades, es que las áreas seleccionadas tengan una estructuración tectónica sencilla y fácilmente modelable, que estén situadas en un contexto geodinámico estable y socioeconómico aceptable, y que incluyan una o varias formaciones geológicas con espesor, extensión, capacidad de almacenamiento, aislamiento y estanqueidad suficientes. Dentro de estas zonas se identificarán y caracterizarán (posición, límites y geometría) aquellas estructuras geológicas locales capaces de albergar un almacenamiento geológico de CO₂,

Las zonas y estructuras a estudiar se circunscriben a 4 grandes Dominios Geológicos terrestres* (figura 1):

*El margen continental se estudiará en el segundo año del Plan.

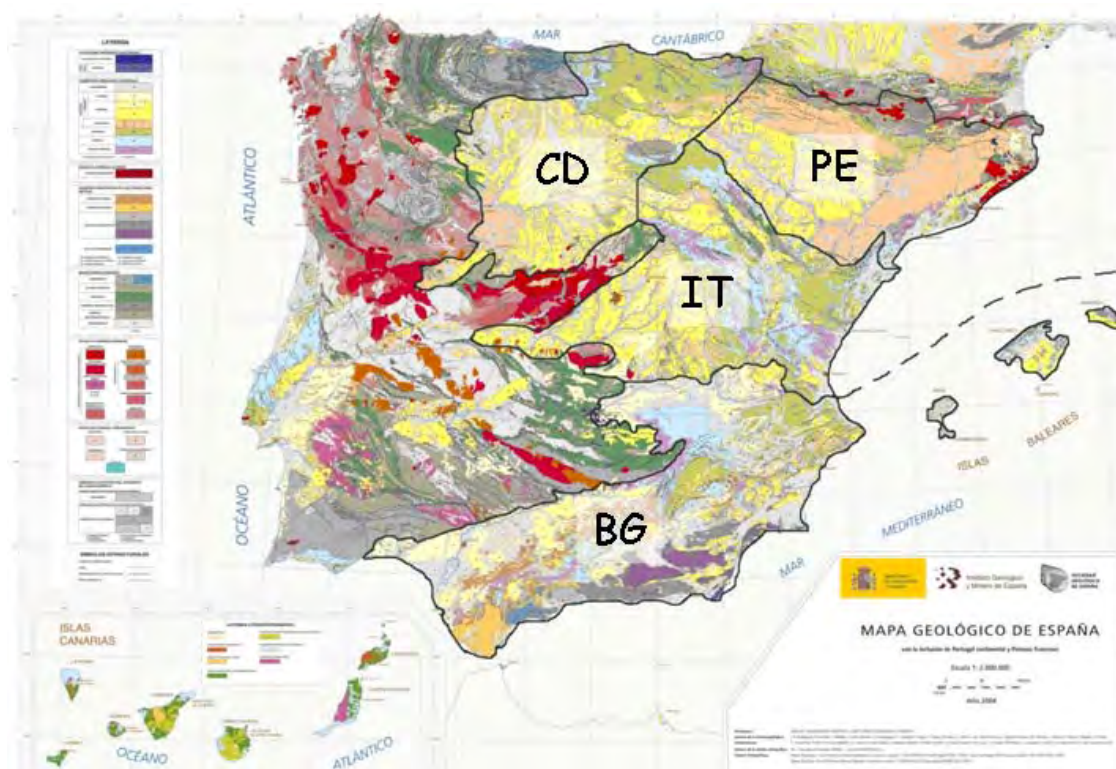


Figura 1. Delimitación de los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir

3. TAREAS REALIZADAS

El primer año (2009-2010) del Plan ALGECO2 ha resultado en la ejecución de las siguientes tareas:

- Identificación de pares formaciones almacén-sello con características litológicas, espesor, estructura y profundidad convenientes para ser potenciales almacenes geológicos de CO₂, así como de los tipos de trampas (almacenes) en cada región. Esta Identificación se ha basado en la recopilación y estudio de la información geológica existente, especialmente de los sondeos de petróleo y documentación aneja disponible; información que procede fundamentalmente del fondo documental y bases de datos del IGME complementada con un significativo número de documentos de subsuelo procedentes del Servicio de Hidrocarburos del Ministerio de Industria Turismo y Comercio (ATH), y de estudios de ENRESA, Universidades, Asociaciones y Grupos de trabajo relacionados con el CO₂, Proyectos de I+D+i, etc. De esta forma se han identificado unos 100 Pares de Formaciones Almacén/Sello que tienen edades variadas comprendidas entre el Triásico inferior y el Mioceno superior-Plioceno.
- Análisis e interpretación de la información geocientífica: revisión de 50.000 km de líneas sísmicas y 400 sondeos de petróleo. Caracterización petrofísica de las formaciones almacén y sello (análisis porosidad-salinidad en unos 200 sondeos).
- Realización de mapas de isobatas y de isopacas regionales, a escala 1:400.000, cubriendo más de 200.000 km², de Límites estratigráficos y Discordancias mayores de referencia (isopacas de las unidades correspondientes):
 - Base del Terciario
 - Discordancia Cretácica (límite Cretácico Inferior- Cretácico Superior)
 - Techo del Jurásico.
 - Techo del Triásico
 - Límite Paleozoico-Cobertera o Discordancia hercínica

La cartografía de subsuelo de estos Límites estratigráficos y Discordancias mayores de referencia se ha confeccionado a



partir de la revisión efectuada de líneas sísmicas y sondeos de petróleo, y de los cortes regionales y mapas de subsuelo disponibles con anterioridad, provenientes en su mayor parte de la investigación petrolera de cada cuenca. La distribución obtenida por Cuenca de estos mapas es (se indica también el número de pares almacén-sello por Cuenca):

CUENCA	BG	IT	CD	PE	TOTAL
Nº Pares Almacén/Sello	25	17	18	23	83
Mapas Isobatas	4	4	12	4	24
Mapas Isopacas	4	17	10	12	43

- Estudios hidrogeológicos regionales a escala de Cuenca, expresados en cartografía de referencia (mapas de: masas de agua y permeabilidades, inventario general sondeos, piezometría, calidad de agua/salinidad, explotabilidad, y figuras de protección). Elaboración de modelos de funcionamiento hidrogeológico a nivel de cuenca (de los grandes conjuntos litoestratigráficos de las series sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico en España).

- Identificación, delimitación y caracterización geológica de unas 70 áreas con 103 estructuras concretas que, conteniendo pares de formaciones almacén-sello, reúnen las condiciones de disposición geométrica, estructura, y profundidad adecuadas para ser tenidas en cuenta como áreas favorables para el almacenamiento geológico de CO₂. Realización de cortes geológicos de detalle, interpretación de líneas sísmicas, y obtención de mapas de isocronas/isobatas de los almacenes de cada una de las áreas y estructuras seleccionadas.

- Modelización geológica 3D geométrica de las estructuras seleccionadas: 103 almacenes. Caracterización petrofísica de los pares almacén/sello y asignación de valores a diferentes parámetros de carácter geológico y de fiabilidad de la información para la posterior jerarquización de las estructuras seleccionadas.

- Cálculo de la capacidad de almacenamiento geológico de CO₂ de cada una de las estructuras seleccionadas, con un criterio general conservador, es decir, suponiendo cierres de estructura seguros y bien delimitados.

- Realización de sondeos cortos con recuperación de testigo continuo. Estudios de porosidad y permeabilidad in situ y en laboratorio. Ensayos de inyección de CO₂ en cámara hiperbárica.

- Panel de expertos para identificación y valoración de criterios, parámetros y rangos de favorabilidad y fiabilidad para el almacenamiento geológico de CO₂. Aplicación del método Delphi para el consenso de valores de favorabilidad y fiabilidad.

- Jerarquización de las estructuras seleccionadas. Aplicación de criterios de favorabilidad y fiabilidad a aquellas con capacidad superior a los 50 Mt CO₂ (55 almacenes).

Específicamente, el IGME, para la realización de las tareas citadas, ha suministrado la siguiente información:

1. Cartografía geológica digital de referencia: Serie cartográfica 1: 400.000, base geológica de los mapas de superficies de referencia regionales por Cuenca; Serie cartográfica 1: 50.000 GEODE, base geológica de los mapas de detalle de cada una de las 103 estructuras seleccionadas. Referencias topográficas y MDTs.
2. Datos digitales de sondeos de petróleo (formato LAS: unos 150) y líneas sísmicas (formato Segy), procedentes de las bases geofísicas del IGME (SIGEOF) y de ENRESA.
3. Superficies de referencia disponibles (de origen petrolero; Síntesis de Ramón Querol de 1991, digitalizada).
4. Archivo de hidrocarburos: ATH, del MITYC (hasta 1987. Escaneado. En general: sísmica, sondeos, cortes, paneles, mapas, informes de sondeos, etc).
5. BBDD hidrogeológicas del IGME: permeabilidades, piezometrías, masas de agua, inventario de puntos de agua y sondeos, calidades de agua, etc.
6. Archivo y BBDD ENRESA: estudios regionales y de detalle. Abundante información de subsuelo (isohipsas) en formato digital.
7. Instrucciones metodológicas y documentales: instrucciones ALGECO2-Ins-01-v.02 (regional), y ALGECO2-Ins-02-v.02 (detalle), y ALGECO2-Ins-03-v.01 (productos digitales), y notas explicativas asociadas.



Las Tareas mencionadas se han distribuido en 11 Proyectos diferentes del Plan ALGECO2 de selección de almacenes (fase 2009-2010): 4 de Geología e Hidrogeología, respectivamente, uno por Cuenca (CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir; figura 1), uno de Geofísica (o Geología del Subsuelo), uno de Sondeos, más el proyecto del Panel de expertos. Las empresas contratistas de cada uno de estos 11 Proyectos, así como los créditos correspondientes a cada uno de ellos aparecen en el Anexo 1. La lista completa, volumen a volumen (proyecto a proyecto), de productos cartográficos generados se da en el Anexo 2. La presentación de cada una de las 103 estructuras se efectúa en 5 paneles: Panel 1 con geología y columna de referencia, Panel 2 de líneas sísmicas y cortes, Panel 3 con isobatas de los pares almacén/sello, Panel 4 con modelos 3D, y Panel 5 con los datos petrofísicos, cálculo del volumen y ficha resumen de cada almacén.

El Cuadro de equipos de proyecto del plan ALGECO2 es el siguiente (Anexo 1):

Proyecto	Contratistas	Equipo	Asesores / Colaboradores	Supervisores IGME
Cantábrica-Duero (geología)	Geoprin	5	3	Nemesio Heredia Carballo / Carmen Rey Moral
Cantábrica-Duero (hidrogeología)	Tihgsa-Trt	6	3	Gerardo Ramos González / José Luis García Lobón
Pirineo-Ebro (geología)	Gessal	9	13	Emilio Pueyo Morer / José Luis García Lobón
Pirineo-Ebro (hidrogeología)	Tecnoma - Amphos 21	8	1	Gerardo Ramos González / José Manuel Murillo Díaz
Ibérica-Tajo (geología)	Inypsa	9	5	Fabián Luís López Olmedo / Carmen Rey Moral
Ibérica-Tajo (hidrogeología)	Eptisa	5	2	Miguel Mejías Moreno
Béticas-Guadalquivir (geología)	Cgs	4	3	Carlos Marín Lechado / José Luis García Lobón
Béticas-Guadalquivir (hidrogeología)	Idrena	6	2	Miguel Mejías Moreno
Geofísica	Gessal	16	-	José Luis García Lobón / Juliana Martín León / Isabel Reguera García / Israel Pérez Ortiz
Sondeos	Cgs	12	5	Roberto Martínez Orío / Isabel Suárez Díaz
Panel de expertos	Geoservei	10	1	José Luis García Lobón / Vicente Gabaldón López / Isabel Reguera
TOTALES	11	13	90	38
				16

Tabla 1. Distribución de Proyectos, Equipos de trabajo y Supervisores del IGME del plan ALGECO2

Se han obtenido las siguientes categorías de productos digitales:

- Coberturas SIG de geología 1:400.000 (por Cuenca) y 1:50.000 Geode (por estructura almacén).
- Coberturas SIG de isobatas e isopacas por Cuenca. Coberturas SIG de isobatas de los pares almacén/sello por estructura.
- Coberturas SIG de la información regional de hidrogeología (masas de agua, sondeos, flujos profundos, etc).
- Bases de datos de sondeos profundos por Cuenca (sondeos petrolíferos, geotérmicos, hidrogeológicos profundos, etc) con diversa documentación aneja como informes de sondeo, y diagráfias (1.000.000 m, en LAS).
- Base de datos de líneas sísmicas (SEG-Y)
- Modelos 3D (la mayoría en gOcad) de cada estructura
- Base de datos del Panel de Expertos

Las siguientes figuras proporcionan ejemplos de productos obtenidos en las tareas mencionadas más arriba.

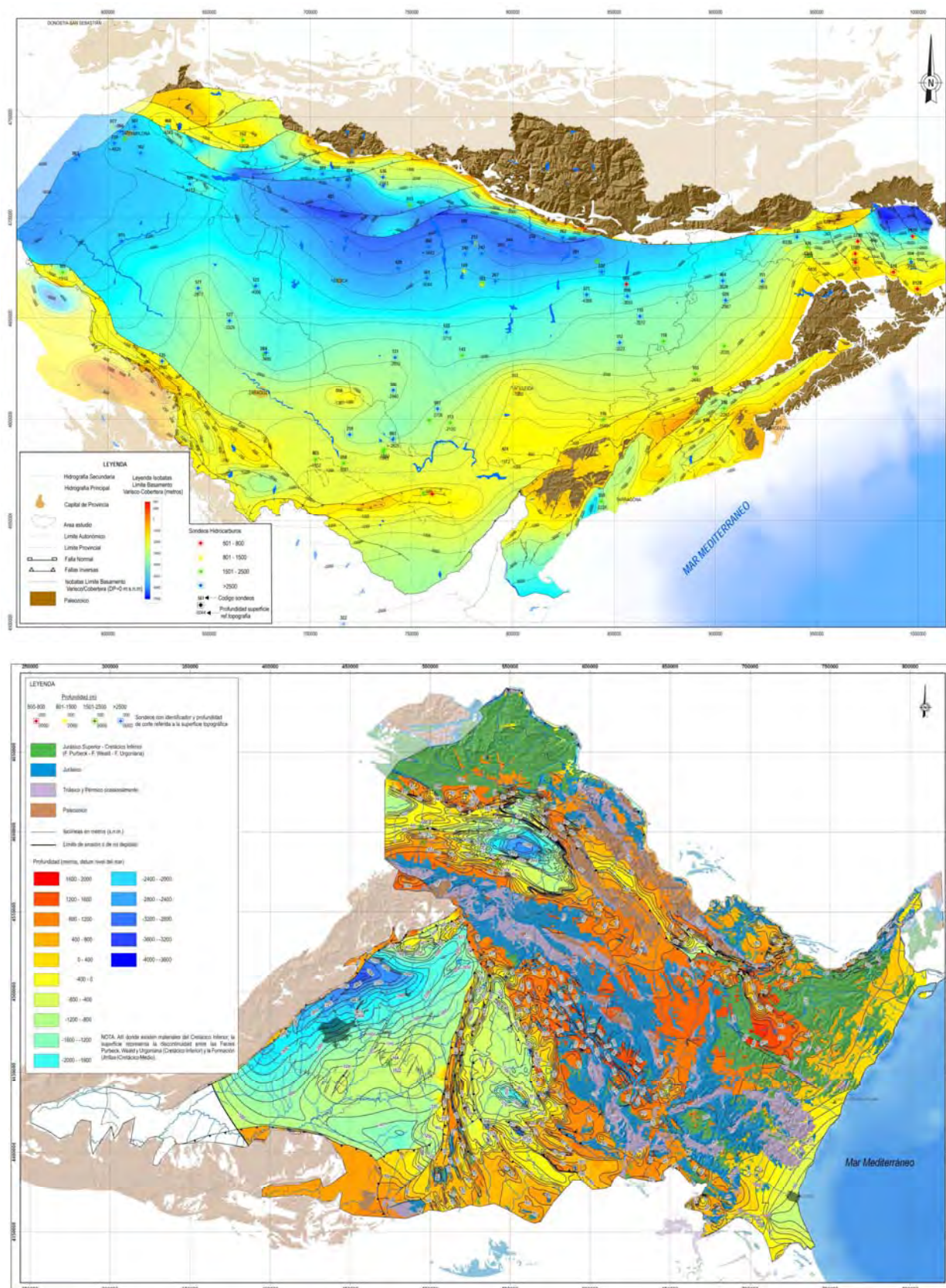


Figura 2. Ejemplos de Límites estratigráficos y Discordancias mayores de referencia. Arriba: Isobatas del Basamento Varisco en la zona Pirineo/Ebro. Abajo: Isobatas de la base del Cretácico en la zona Ibérica/Tajo.

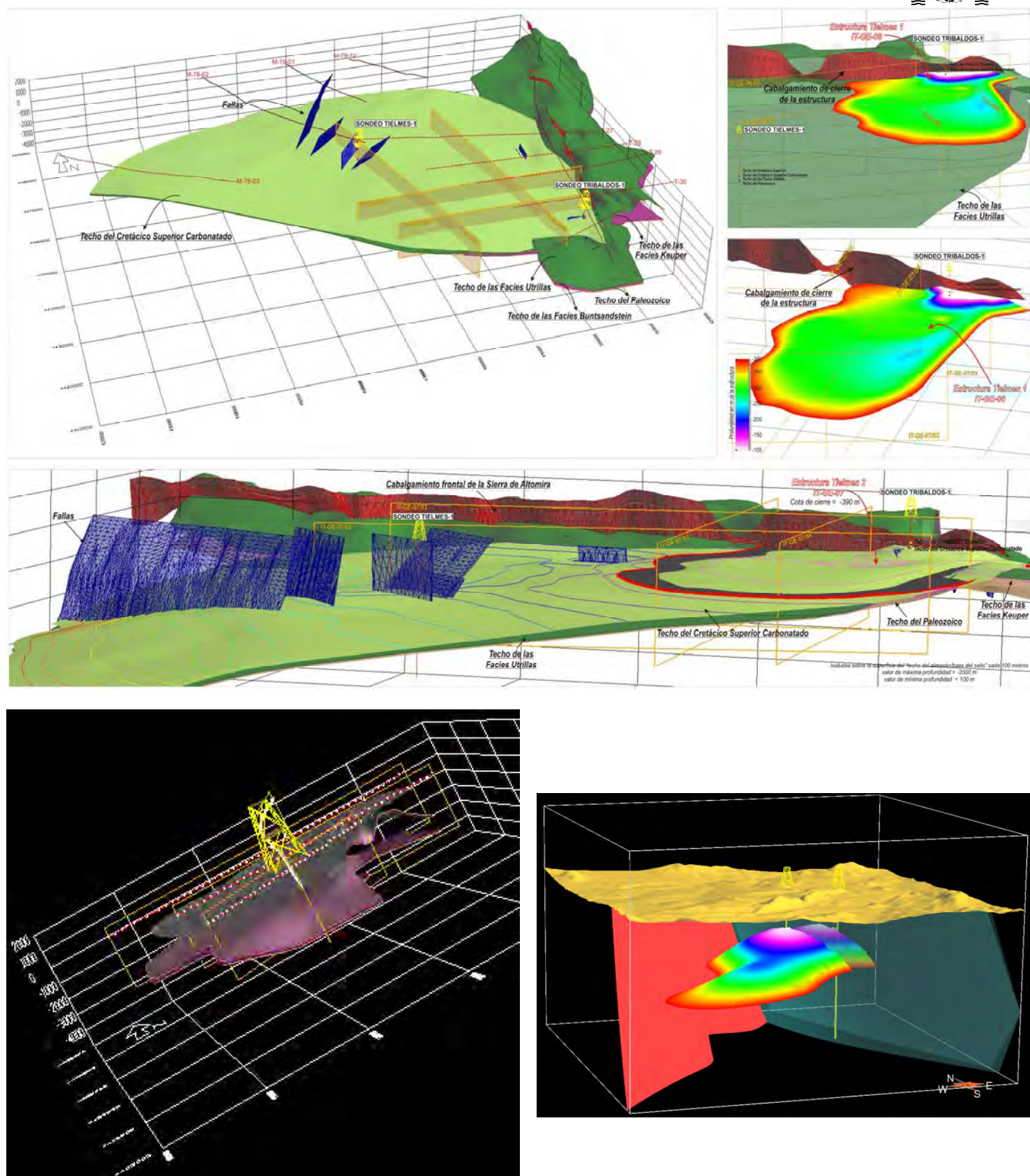


Figura 3. Ejemplos de Modelos geológicos de estructuras seleccionadas. Arriba: Tielmes. Abajo: Tribaldos (izquierda) y Murcia B-1 (derecha).

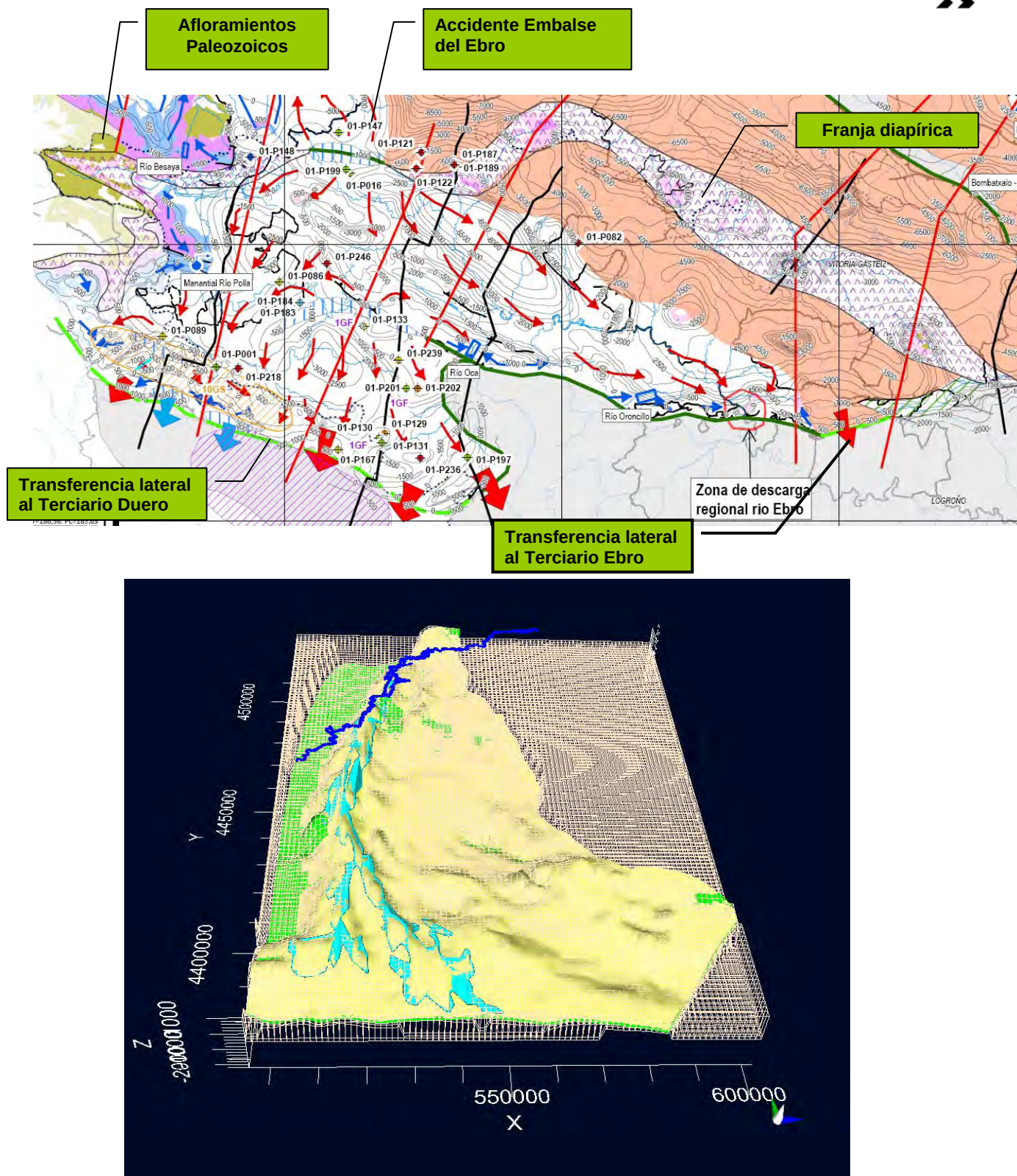


Figura 4. Ejemplos de Modelos Hidrogeológicos regionales. Arriba: Modelo conceptual de simulación de flujo profundo en el Jurásico de la Plataforma Burgalesa, Cubeta Alavesa y Montes Obarenes-Sierra de Cantabria. Abajo: Modelo numérico del Triás de la Depresión Intermedia.



4. RESULTADOS

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA, UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA Y CAPACIDAD ESTIMADA DE LOS ALMACENES SELECCIONADOS

La distribución territorial de las estructuras de almacenamiento seleccionadas en el primer año 2009-2010 del Plan ALGECO2 es:

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

Tabla 2. Distribución de estructuras del plan ALGECO2.

En la figura nº 5 las 103 estructuras estudiadas aparecen ordenadas por capacidad, de la menor, con menos de 1 Mt CO₂, a la mayor, con casi 3 Gt de capacidad estimada.

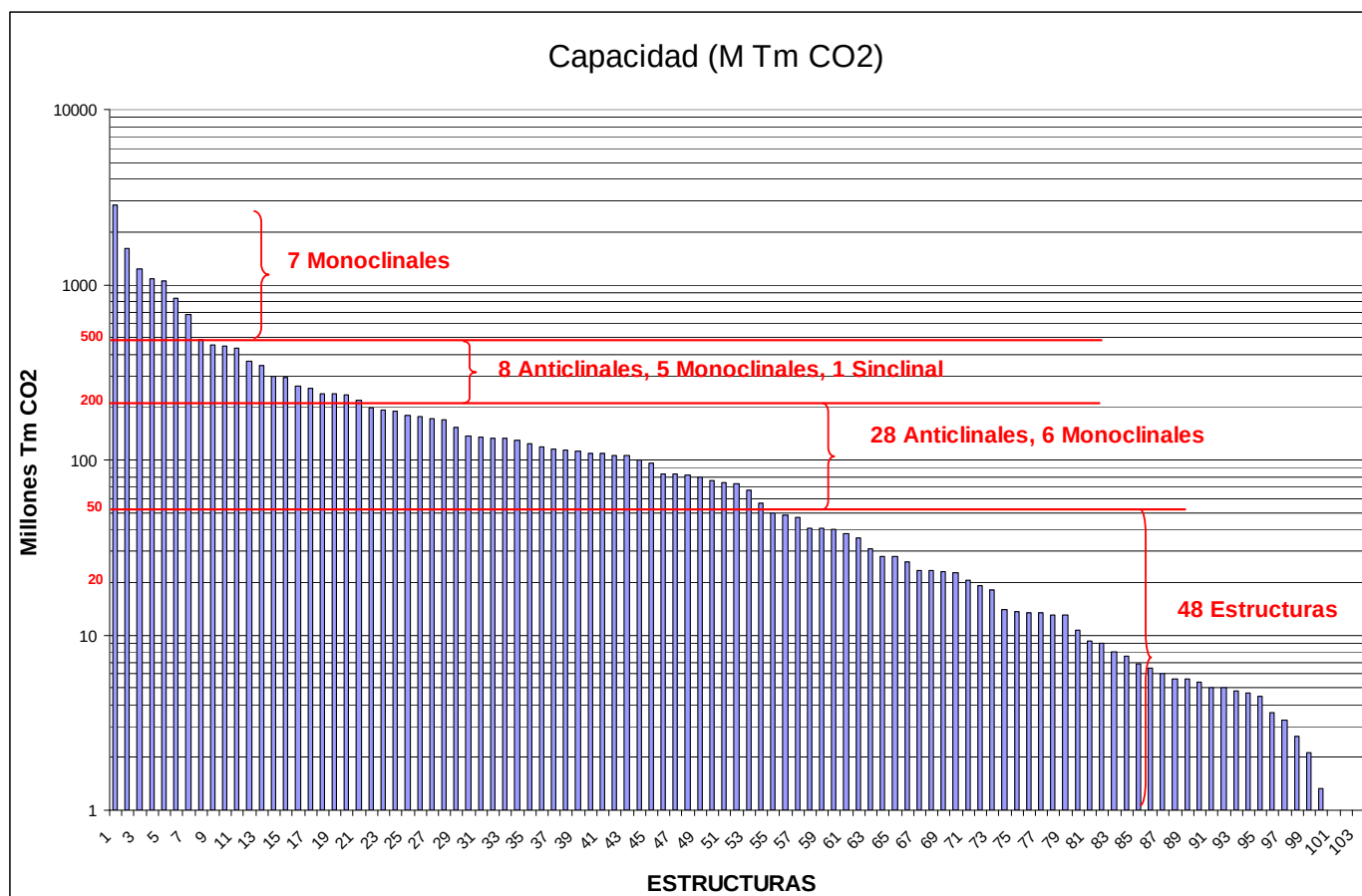


Figura 5. Las 103 estructuras estudiadas del Plan ALGECO2 ordenadas por capacidad



En la figura nº 6 se representa el histograma capacidades de las 103 estructuras estudiadas. El histograma es de apariencia hiperbólica (distribución lognormal, que debería ser la distribución tendencial) con mediana próxima a los 75 Mt CO₂. El histograma es bastante continuo hasta los 500 Mt; a partir de esta cifra, la discontinuidad está en buena parte motivada por la incertidumbre de capacidad de los grandes monoclinales estudiados. Existen 55 estructuras con capacidad superior a 50 Mt de CO₂, que se distribuyen en los tipos estructurales indicados en la figura 6.

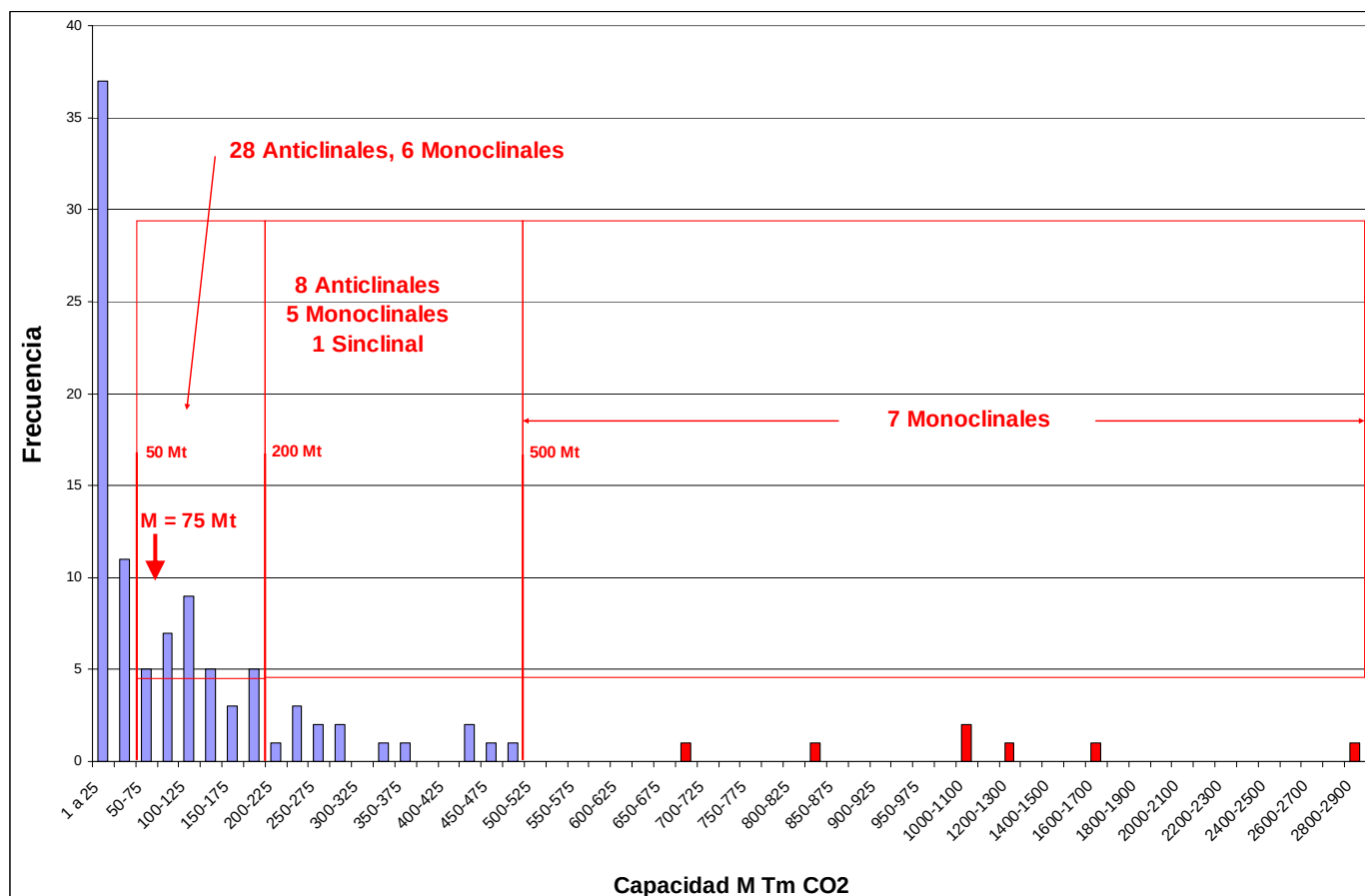


Figura 6. Histograma de capacidades de las 103 estructuras estudiadas del Plan ALGECO2

La posición de los almacenes se representa en el Mapa de estructuras geológicas estudiadas, que se adjunta (figura 7, en la que se indica el código de cada estructura seleccionada). Las cifras de capacidad sumadas para cada una de las 4 grandes Regiones geológicas estudiadas se detallan a continuación (para la agregación consistente de las capacidades se considera que la capacidad máxima de cada una de la 7 grandes estructuras monoclinales es de 500 Mt, dada la imprecisión de su cierre respecto al del resto de estructuras analizadas):

4.1.1. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero

- Se ha podido reconocer la existencia de 20 áreas con potenciales Estructuras favorables (34 almacenes). Estos 34 almacenes, que suman una capacidad total estimada de 4920 Mt CO₂, son los siguientes (se indica la ubicación litoestratigráfica de todas las estructuras, así como su código Cuenca-Tipo de Proyecto, GE geología o GF geofísica-Número de estructura en la Cuenca):

- VASCO-CANTÁBRICA: Trece almacenes en 9 áreas. 279 Mt CO₂ en Plataforma de Cabuérniga (Lías calcáreo, Areniscas Bunt), CD-GE-02 y 03; Matienzo (Lías calcáreo, Areniscas Bunt), CD-GE-04 y 05; Ancillo (Areniscas Bunt), CD-GE-07; Oeste de Polientes (Lías calcáreo, Areniscas Bunt), CD-GE-14 y 15; Banda Plegada Ubierna (Lías calcáreo,



Areniscas Bunt), CD-GE-20 y 21; Montes Obarenes (Utrillas), CD-GE-23; Hontomín (Lías calcáreo), CD-GF-05; Miranda (Calizas de Gárate), CD-GF-06; Ribero (Lías calcáreo), CD-GF-07.

- CUENCA DEL DUERO: Veintiún almacenes en 11 áreas. 4641 Mt CO₂ en Rioja Norte (Terciario pre-sinorogénico), CD-GE-24; Rioja Sur (Cretácico superior), CD-GE-25; Iglesias (Cretácico Superior, Arenas Utrillas, Jurásico carbonatado, Areniscas Buntsandstein), CD-GE-26, 27, 28 y 29; Duero Centro-Meridional (Cretácico Superior, Arenas Utrillas), CD-GE-30 y 31; Don Juan Este (Cretácico superior, Utrillas, Jurásico carbonatado, Areniscas Buntsandstein), CD-GE-32, 33, 34 y 35; Don Juan Oeste (Cretácico superior, Arenas Utrillas, Areniscas Buntsandstein), CD-GE-36, 37 y 38; Honrubia-Nieva (Cretácico superior, Arenas Utrillas), CD-GE-39 y 40; San Pedro (Arenas Utrillas), CD-GF-01; El Campillo (Arenas Utrillas), CD-GF-02; Boñar (Arenas Utrillas), CD-GF-03; Villameriel (Arenas Utrillas), CD-GF-04.

Tanto en este subapartado como en los siguientes se destacan en **negrita** los almacenes de capacidad superior a 50 Mt de CO₂ (la posición detallada de éstos se puede ver en la figura 10, página 28).

4.1.2. PE: Pirineo y Cuenca del Ebro

- Se ha podido reconocer la existencia de 18 áreas con potenciales Estructuras favorables (19 almacenes). Suman una capacidad total estimada de 1822 Mt CO₂ (en **negrita** los almacenes > 50 Mt):

- PIRINEO. Ocho almacenes. 541 Mt CO₂ en Olson (Cretácico superior), PE-GE 07; Benabarre (Fm. Isábena), PE-GE 08; Santa Creu – Graus (Caliza Centenera), PE-GE 09; Tamurcia (Lías calcáreo), PE-GE 10; Sierras Marginales (Lías calcáreo), PE-GE 11; Isona (Lías calcáreo), PE-GE 12; Roncal-Illon (Areniscas Buntsandstein), PE-GE 13; Leyre-Berdun (Eoceno inferior carbonatado), PE-GE 14; Centenera (Caliza y areniscas Centenera), PE-GF-05.

- CUENCA DEL EBRO. Diez almacenes. 1281 Mt CO₂ en Zuera-Zaragoza (Muschelkalk III), PE-GE 01; Sariñena (Fm. Imón), PE-GE 02; Cameros – Moncayo (Areniscas Buntsandstein), PE-GE 03; Magallón (Areniscas Buntsandstein), PE-GE 04; Zona de enlace (Muschelkalk, Bunt), PE-GE 05 y 06; Lopín (Areniscas Buntsandstein), PE-GF-01; Monegrillo (Areniscas Buntsandstein), PE-GF-02; Caspe-Mayals (Areniscas Buntsandstein), PE-GF-03; Reus (Jurásico carbonatado), PE-GF-04.

4.1.3. IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán

- Se ha podido reconocer la existencia de 18 áreas con potenciales Estructuras favorables (31 almacenes). Suman una capacidad total estimada de 2887 Mt CO₂ (en **negrita** los almacenes > 50 Mt):

- IBÉRICA-MAESTRAZGO. Nueve almacenes. 305 Mt en Salzadella a, b (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-01a, b; Delta del Ebro 1 y 2 (Areniscas Buntsandstein, Cretácico superior), IT-GE-02 y 03; Albalate-Oliete a, b (Bunt+MIII), IT-GE-15a, b.; Maestrazgo 1 (Fm. Imón), Maestrazgo 2 (Muschelkalk III) y Maestrazgo 3 (Areniscas Buntsandstein), IT-GF-04, 05 y 06.

- CUENCA DE ALMAZÁN. Seis almacenes. 162 Mt en Almazán septentrional 1 a, b (Cretácico superior), IT-GE-10a, b; Almazán septentrional 2 (Cretácico superior), IT-GE-11; Gormaz (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-12; Burgo de Osma (Ar. Buntsandstein), IT-GE-13; Almazán meridional (Areniscas Buntsandstein), IT- GF-03.



Figura 7. Mapa de las estructuras geológicas estudiadas. Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.
(1/BG-GE-01: código secuencial de estructura, 1 a 103, en Panel expertos/código estructura por Cuenca en PLAN ALGECO2, Cuenca-Tipo de Proyecto, GE geología o GF geofísica-Número de estructura en la Cuenca)



- CUENCA DEL TAJO OCCIDENTAL. Ocho almacenes. 1759 Mt en Baidés 1a, b y 2 (Bunt+MIII, Cretácico superior), IT-GE-04a, b y 05; Tielmes 1 y 2 (Areniscas Buntsandstein, Cretácico Superior), IT-GE-06 y 07; Sierra de Altomira (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-08; Tribaldos (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-09; Tres Cantos-Alcobendas (Arenas Eocenas-Oligocenas), IT-GE-01.

- CUENCA DEL TAJO ORIENTAL. Ocho almacenes. 661 Mt en La Ventosa (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-14; Belmontejo 1a, b y 2 (Areniscas Buntsandstein, Lías calcáreo), IT-GE-16a, b y 17; Gabaldón (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-18; El Hito a, b (Bunt+ Muschelkalk III), IT-GE-19a, b; Puerta Pareja (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-02.

4.1.4. BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir

- Se ha podido reconocer la existencia de 14 áreas con potenciales Estructuras favorables (19 almacenes). Suman una capacidad total estimada de 3795 Mt CO₂ (en negrita los almacenes > 50 Mt):

- CUENCA GUADALQUIVIR: Ocho almacenes. 526 Mt en Río Guadalquivir N-1 (Arenas de Base), BG-GE-01; Alto Guadalquivir (Jurásico carbonatado), BG-GE-02; Gadiana Menor (Jurásico carbonatado) BG-GE-03; Almonte (Gres de silves), BG-GE-01; Cerro Gordo - Río Guadiaro (Campo de Gibraltar), BG-GE-02; Río Guadalquivir H-1 (Lías calcáreo), BG-GE-03; Fuensanta de Martos (Lías calcáreo), BG-GE-04; Mar Menor (Arenas Miocenas), BG-GE-05.

- PREBÉTICO. Ocho almacenes en 6 áreas. 2148 Mt CO₂ en Sinclinal de Pétrola (Arenisca de Manuel), BG-GE-04; Sierra de Benejama (Arenisca de Manuel, Dogger), BG-GE-05; Sierra de Salinas (Dogger, Kimmeridgiense), BG-GE-06; La Macaroba, (Jurásico carbonatado), BG-GE-07; Murcia B-1 (Cretácico carbonatado), BG-GE-08; Sierra Seca (Dogger-Lías), BG-GE-09.

- LA MANCHA. Tres almacenes en un área favorable. 1121 MT en Plataforma Tabular de la Mancha (Buntsandstein, Muschelkalk III y Arenisca de Manuel), BG-GE-10a, b, c.

4.2. JERARQUIZACIÓN DE ESTRUCTURAS (PANEL DE EXPERTOS)

4.2.1. Taller presencial y obtención de consenso (Delphi)

Como se ha indicado más arriba, para la valoración y jerarquización de estructuras de almacenamiento geológico de CO₂, se creó un Panel de Expertos que se reunió en un Taller presencial de identificación de criterios (Workshop de 15 y 16 de diciembre de 2009, no remunerado, celebrado en Madrid). El Taller fue seguido de un sistema de 3 circulaciones (Febrero-abril de 2010) de encuesta-formulario de ponderación de criterios entre los expertos del Panel (obtención de consenso por método Delphi).

La finalidad del Panel fue:

- Identificar los criterios de favorabilidad de estructuras de almacenamiento
- Priorizar su peso o influencia, y
- Aplicar la ponderación a las 103 estructuras geológicas analizadas, caracterizando la aptitud de un conjunto de posibles emplazamientos para almacenar CO₂, teniendo también en cuenta la fiabilidad de la información que se disponía de tales posibles emplazamientos



En cuanto a composición, buena parte de los integrantes del Panel de Expertos fueron identificados durante el trabajo preliminar que supuso confeccionar una primera propuesta de criterios, ya documentada a nivel internacional, con la que iniciar el proceso consultivo. En la composición definitiva del Panel se primó:

- (1) El dominio del experto: la trayectoria personal, su conocimiento y experiencia a título individual; con el requisito del idioma (conocimiento del español) pero indiferentemente del puesto o lugar de trabajo.
- (2) La representatividad de los perfiles: la disposición de todas las especialidades que requiere el proyecto, con especial atención a la transversalidad del ámbito socioeconómico (perfiles o formación especialmente heterogéneos).
- (3) El equilibrio entre los centros adscritos: el control por una equidad justificada entre los centros de trabajo de los expertos, sean públicos o privados, y con representación de las empresas responsables de los trabajos de Modelización geológica e hidrogeológica y Caracterización petrofísica de las 103 estructuras geológicas de estudio.

Así mismo, los integrantes del Panel de Expertos se decidieron según las fases de participación:

Fase 1. Taller de identificación de criterios: Panel de Expertos Presencial con un límite en el número de participantes (máximo recomendado de unos 50 para la operatividad de taller) y la condición de trabajar en España. Este Taller se dividió en tres sub-talleres: Geología, Hidrogeología y Socioeconomía.

Fase 2. Formulario de ponderación de criterios: Panel de Expertos No Presencial, sin límite en el número de participantes, y con el objetivo de ampliar o fortalecer la base de los resultados obtenidos.

En ciencias de la tierra, el Panel de Expertos dispuso de un total de 68 especialistas que completaron su participación en la primera y/o segunda fase prevista:

Fase de participación	Expertos
Fase 1. Panel de Expertos Presencial	34
- Taller de Geología	23
- Taller de Hidrogeología y recursos	11
Fase 2. Panel de Expertos No Presencial (Encuesta)	34
Total participación efectiva	68

El ámbito socioambiental movilizó a un total de 46 expertos de diferente perfil formativo habida cuenta que los criterios, a identificar y priorizar, hacen referencia a aspectos tan dispares como los relacionados al proceso tecnológico de captura y almacenamiento de CO₂, la seguridad y el bienestar de la población, la preservación de territorio y el medioambiente, la viabilidad y dinamización económica o la misma aceptación social:

Fase de participación	Expertos
Fase 1. Panel de Expertos Presencial	19
- Taller Socioeconomía - Medio Ambiente	
Fase 2. Panel de Expertos No Presencial	27
Total participación efectiva	46



Para el taller de expertos socioambiental se constituyó un único grupo de trabajo formado por 19 participantes que hicieron sus aportaciones, en la identificación de los criterios, según su conocimiento más o menos transversal o especializado.

La lista de Instituciones y empresas representadas en el Panel es la siguiente:

INSTITUCIONES INVESTIGACIÓN	UNIVERSIDADES	EMPRESAS	COLEGIOS
AITEMIN	A. Madrid (UAM)	Amphos 21	ICOG
CSIC-ICTJA	Barcelona (UB)	Algaenergy	COLGEOCAT
CSIC-IDEA	Coruña (UC)	Basoinsa	
EVE	Complutense (UCM)	Cgs	
GEOMODELS	Granada (UG)	Eptisa	
IGC	Oviedo (UNIOVI)	Escal Ugs	
IGME	Politécnica (UPM)	Gas Natural	
	Zaragoza (UNIZAR)	Geoprin	
		Gessal	
		Hunosa	
		Idrena	
		Inypsa	
		Repsol-Ypf	
		Tecnoma	
		Telur	
		Tihgsa-Trt	

Tabla 3. Instituciones, Universidades, Empresas y Colegios profesionales representados en el Panel de Expertos

Por tanto, el cuadro final de expertos del Panel es el siguiente:

Fase de participación	Expertos/Instituciones
Fase 1. Expertos: Panel Presencial	53
- Taller de Geología	23
- Taller de Hidrogeología y recursos	11
- Taller Socioeconomía - Medio Ambiente	19
Fase 2. Panel de Expertos No Presencial (Encuesta)	61
Instituciones Investigación	7
Universidades	8
Empresas	16
Colegios profesionales	2
Total	33
Total participación efectiva (Expertos/ Instituciones)	114 / 33

Tabla 4. Distribución de Expertos e Instituciones representados en el Panel.

Durante el Taller presencial del 15 y 16 de diciembre de 2009 se establecieron los siguientes 11 criterios de valoración de la favorabilidad de almacenes:



-Geológicos (4 Criterios, 31 parámetros):

1. Calidad Formación Almacén: función de 11 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
2. Calidad Formación Sello, función de 7 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
3. Tipo de estructura, función de 10 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
4. Capacidad de almacenamiento, función de 3 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos

-Hidrogeológicos (4 Criterios, 15 parámetros):

5. Hidrogeología profunda de la formación almacén, función de 4 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
6. Recursos hidrogeológicos potencialmente afectados, función de 3 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
7. Recursos mineros potencialmente afectados, función de 5 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
8. Interacción del CO₂ con el almacén, función de 3 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos

-Ambientales y Socioeconómicos (3 Criterios, 15 parámetros):

9. Generación de emisiones, transporte y capacidad de almacenamiento; función de 5 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
10. Preservación del territorio y medio ambiente; función de 2 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos
11. Aspectos socioeconómicos; función de 8 parámetros, distribuidos en 2-5 rangos

El cuadro resultante de Criterios-Parámetros-Rangos es:

Favorabilidad / Ámbito		Fases de ponderación		
		Criterios	Parámetros	Rangos
FAVORABILIDAD	Ciencias tierra	8	46	2-5 /parámetro
	Socioambiental	3	15	2-5 /parámetro

Tabla 5. Distribución de los 11 Criterios y 61 Parámetros de Favorabilidad de Almacenes

Los Criterios son grandes ejes de favorabilidad; sintéticos y comprensibles para el público no experto. Cada Criterio depende de una serie de Parámetros, que son factores de favorabilidad; exhaustivos e integrales, y con capacidad de discriminar (ante estructuras geológicas idénticas o similares) en el caso de los parámetros socioambientales. Por último, cada parámetro queda cuantificado en Rangos, o categorías de favorabilidad; sean valores o intervalos, numéricos o cualitativos.

Tras la circulación de los formularios de ponderación y el procesado de las respuestas obtenidas, el RESULTADO DE LA PRIORIZACIÓN de Criterios-Parámetros-Rangos expresado como Peso absoluto de los criterios de favorabilidad en ciencias de la tierra (sobre 100) y favorabilidad socioambiental (sobre 10) queda reflejado en las siguientes tablas (Tablas 6 y 7). Aplicando las prioridades de Criterios-Parámetros-Rangos de las dos tablas anteriores a las fichas de datos de las estructuras (la Tabla 8 da un ejemplo de esta fichas) se obtiene la valoración 1-100 de las mismas.



Criterios		Parámetros		Rangos / Peso				
Nombre	Peso	Nombre	Peso	1	2	3	4	5
1. Calidad Formación Almacén FA	25,25	1. Profundidad techo (m)	5,61	≤800	800-1.400	1.400-2.000	2.000-3.000	>3.000
				0,00	2,95	1,77	0,59	0,29
		2. Potencia (m)	2,81	<20	20-50	50-100	>100	
				0,28	0,56	0,84	1,12	
		3. Litología	1,40	Terrígena	Carbonatada	Mixta		
				0,70	0,42	0,28		
		4. Homogeneidad litológica vertical	1,40	Monocapa	Multicapa			
				0,98	0,42			
		5. Homogeneidad litológica horizontal	1,40	Cuerpos continuos	Cuerpos compartimentados: cambios facies			
				1,12	0,28			
		6. Espesor de estratos	1,40	Decimétrico	Métrico	Decamétrico	Hectométrico	
				0,14	0,28	0,42	0,56	
		7. Porcentaje de matriz arcillosa (%)	1,40	<5	5-10	10-20	20-30	
				0,56	0,42	0,28	0,14	
8. Espesor útil (m)	2,81	<20	20-50	50-100	>100			
		0,28	0,56	0,84	1,12			
9. Porosidad tipo	1,40	Granular (primaria)	Fisurada (secundaria)	Vacuolar (secundaria)				
		0,70	0,42	0,28				
10. Porosidad media (%)	2,81	<5	5-10	10-15	15-20	>20		
		0,14	0,28	0,56	0,84	0,98		
11. Conductividad hidráulica (mD)	2,81	<1	1-10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁵	>10 ⁵		
		0,14	0,28	0,56	0,84	0,98		
2. Calidad Formación Sello FS	30,31	12. Potencia (m)	6,06	<50	50-100	100-500	>500	
				0,32	1,28	1,91	2,55	
		13. Litología	4,55	Sal y/o anhidrita	Arcilla	Margas	Sal, anhidrita, arcilla y/o margas con intercal.	
				1,36	1,36	0,91	0,91	
		14. Homogeneidad litológica horizontal	3,03	Con variaciones	Sin variaciones			
				0,61	2,42			
		15. Espesor de estratos	1,52	Centimétrica	Decimétrica	Métrica	Decamétrica	Masiva
				0,07	0,14	0,29	0,43	0,58
		16. Espesor útil (m)	4,55	<50	50-100	100-500	>500	
				0,23	0,91	1,59	1,82	
17. Conductividad hidráulica (mD)	6,06	<10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴				
		3,03	1,82	1,21				
18. Fracturación natural estimada	4,55	Baja	Media	Alta				
		3,18	1,36	0,00				
3. Tipo de estructura	5,05	19. Tipología de trampa	0,48	Estratigráfica	Estructural contra falla	Estructural anticlinal	Monoclinal	Mixta
				0,10	0,10	0,14	0,10	0,05
		20. Complejidad trampa	0,72	Baja	Media	Alta		
				0,43	0,22	0,07		
		21. Pre yacimiento/yacimiento	0,48	No yacimiento previo	PY gas	PY hidrocarb. líquido		
				0,10	0,19	0,19		
		22. Fracturación y compartimentación	0,72	Fracturas llegando a superficie	Fracturada y compartimentada	Fracturada y no compartimentada	No fracturada	
				0,00	0,08	0,24	0,40	
		23. Presencia sello a muro FA	0,24	No	Sí			
				0,10	0,14			
		24. Gradiente geotérmico	0,24	<25º	25 - 30	>30		
0,12	0,07			0,05				
25. Evidencia de tectónica cuaternaria	0,48	No	Sí					
		0,38	0,10					

Criterios		Parámetros		Rangos / Peso				
Nombre	Peso	Nombre	Peso	1	2	3	4	5
4. Capacidad almacenamiento	20,2	26. Peligrosidad sísmica (a _b /g)	0,48	<0,04	0,04-0,08	0,08-0,12	0,12-0,16	>0,16
				0,19	0,14	0,10	0,05	0,00
		27. Límites de la estructura	0,96	Mal definidos	Bien definidos			
				0,19	0,77			
		28. Superficie estructura km²	0,24	<25	25 - 50	50 - 75	75 - 100	>100
				0,01	0,03	0,05	0,07	0,08
		29. Porosidad efectiva (%)	6,06	<3	3-10	11-20	>20	
				0,32	1,28	1,91	2,55	
		30. Capacidad máxima estimada (M Tm CO ₂)	10,10	<20	20-50	50-200	200-500	>500
				-7,58	-5,05	2,53	3,54	4,04
31. Densidad CO ₂ (g/cm³)	4,04	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	>0,7			
		0,21	0,85	1,28	1,70			
5. Hidrogeología profunda de la formación almacén	10,1	32. Flujo profundo	2,02	No activo	Activo	Existencia hidrotermal relacionada con la formación almacén		
				1,41	0,61	0,00		
		33. Conductividad hidráulica (mD)	3,03	<1	1-10²	10²-10³	10³-10⁵	>10⁵
				0,00	0,30	0,61	0,91	1,21
		34. Condiciones para el estado supercrítico	3,03	No	Si			
				0,00	3,03			
		35. Salinidad agua (ppm equivalente ClNa)	2,02	<1.000	1.000-15.000	>15.000		
				0,00	0,67	1,35		
6. Recursos hidrogeológicos potencialmente afectados	5,05	36. Presencia masa de agua	1,52	No	Si			
				1,06	0,45			
		37. Población dependiente (nº hab)	2,02	<50	50-1.000	1.000-10.000	10.000-100.000	>100.000
				0,81	0,61	0,40	0,20	0,00
		38. Regadío dependiente (ha)	1,52	<0,01	0,01-0,1	0,1-0,5	0,5-1	
7. Recursos mineros potencialmente afectados	1,01	39. Presencia de aguas mineromedicinales	0,20	No	Si			
				0,16	0,04			
		40. Existencia de perímetros de protección aguas mineromedicinales	0,20	No	Si			
				0,16	0,04			
		41. Existencia de permisos de explotación de yacimientos de hidrocarburos	0,30	No	Si			
				0,24	0,06			
		42. Existencia de permisos de exploración geotérmica	0,20	No	Si			
				0,12	0,08			
		43. Existencia derechos mineros	0,10	No	Si			
				0,06	0,04			
8. Interacción del CO ₂ con el almacén	3,03	44. Potencial de desplazamiento de fluido	1,21	Bajo	Medio	Alto		
				0,12	0,36	0,73		
		45. Posibilidad de reacción del CO ₂ con almacén	0,91	Detrítico (poco reactivo)	Carbonatado (reactivo)	Presencia de materia orgánica		
				0,45	0,27	0,18		
		46. Solubilidad CO ₂ (salinidad agua en ppm equivalentes de ClNa)	0,91	<1.000	1.000-15.000	>15.000		
		0,09	0,27	0,55				

Tabla 6. TABLA DE PESOS ABSOLUTOS DE CADA CRITERIO, PARÁMETRO O RANGO DE FAVORABILIDAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA EXPRESADO SOBRE 100



Criterios		Parámetros		Rangos / peso				
Nombre	Peso	Nombre	Peso	1	2	3	4	5
1. Generación de emisiones, transporte y capacidad de almacenamiento	5	1. Emisiones totales anuales de CO ₂ procedentes de GFP en un radio de 50 km (Mt)	1,67	< 1 0,19	1-6 0,56	>6 0,93		
		2. Emisiones totales anuales de CO ₂ procedentes de GFP en un radio de 300 km (Mt)	0,56	< 1 0,06	1-6 0,19	>6 0,31		
		3. Vida útil del almacenamiento: Capacidad estructura geológica / Emisiones de CO ₂ anuales en un radio de 300 km (años)	1,67	<20 0,17	20-50 0,67	>50 0,83		
		4. Proximidad a otras estructuras geológicas en un radio de 100 km (N/S)	0,28	No 0,11	Sí 0,17			
		5. Distancia a redes de gaseoductos existentes (km)	0,83	<10 0,44	10-50 0,26	50-100 0,09	>100 0,04	
2. Preservación del territorio y medio ambiente	2	6. Figuras de protección patrimonio natural en las áreas susceptibles de investigación explorativa	1,00	Sin figura de protección 0,60	RAMSAR 0,25	LIC-ZEPA 0,15	Parque Nacional 0,00	
		7. Figuras de protección patrimonio cultural y arqueológico en las áreas susceptibles de investigación explorativa	1,00	Sin figura de protección 0,60	BIC 0,40	UNESCO 0,00		
3. Aspectos socioeconómicos	3	8. Existencia de núcleos de población en el complejo de almacenamiento (N/S)	0,50	No 0,40	Sí 0,10			
		9. Número de habitantes en la estructura geológica	0,33	<1.000 0,17	1.000-10.000 0,10	10.000-50.000 0,05	>50.000 0,02	
		10. Factores de favorabilidad geoclimática en el área de la estructura geológica	0,17	No 0,03	Sí 0,13			
		11. Nivel de desarrollo del municipio/s de la estructura geológica según región FEDER	0,33	De convergencia 0,13	De convergencia transitoria 0,10	De competitividad transitoria 0,07	De competitividad 0,03	
		12. Oportunidad laboral del municipio/s de la estructura geológica según número de habitantes	0,50	<250 0,20	250-1.000 0,15	1.000-5.000 0,10	>5.000 0,05	
		13. Total de fuentes emisoras GFP en un radio de 50 km (nº)	0,33	0 0,00	1 0,03	2 0,07	3 0,10	>3 0,13
		14. Situación de la estructura geológica respecto a las fuentes emisoras	0,50	Municipio 0,20	Provincia 0,15	CA 0,10	Fuera CA 0,05	
		15. Presencia de tradición en actividad minera (N/S)	0,33	No 0,07	Sí 0,27			

Tabla 7. TABLA DE PESO ABSOLUTO DE CADA CRITERIO, PARÁMETRO O RANGO DE FAVORABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EXPRESADO SOBRE 10.

Aplicando las prioridades y pesos de Criterios-Parámetros-Rangos de las tablas anteriores a las fichas de datos de cada una de las 103 estructuras estudiadas, la favorabilidad (0 a 100) se obtiene por:
FAVORABILIDAD = (PESO ABSOLUTO – PESO MÍNIMO) / (PESO MÁXIMO – PESO MÍNIMO) X 100

PARÁMETRO			BG-GE-02(AB) - Alto Guadalquivir / Mesozoico
Nombre	Núm.	Nombre	Valor
1. Calidad Formación Almacén FA	1	Profundidad techo FA (m)	800
	2	Potencia (m)	1400
	3	Litología	Mixta
	4	Homogeneidad litológica vertical	Multicapa
	5	Homogeneidad litológica horizontal	Cuerpos continuos
	6	Espesor de estratos	Métrico
	7	Porcentaje de matriz arcillosa (%)	5--10
	8	Espesor útil (%)	100
	9	Porosidad tipo	Granular

2. Calidad Formación Sello FS	10	Porosidad media (%)	9.22
	11	Permeabilidad intrínseca de FA (mD)	1--10
	12	Potencia (m)	800
	13	Litología	Sal,anhidrita, arcillas/marga
	14	Homogeneidad litológica horizontal	Con variaciones
3. Tipo de estructura	15	Espesor de estratos	Decamétrico
	16	Espesor útil (%)	100
	17	Permeabilidad intrínseca de FS (mD)	10 ⁻³ -10 ⁻⁵
	18	Fracturación natural estimada	Media
	16	Espesor útil (m)	800
	19	Tipología de trampa	Anticlinal
	20	Complejidad trampa	Baja
	21	Pre yacimiento/ yacimiento	No
	22	Fracturación y compartimentación	No fracturada
	23	Presencia sello a muro FA	Si
4. Capacidad de almacenamiento	24	Gradiente geotérmico	30°C / Km
	25	Evidencia de tectónica cuaternaria	No
	26	Peligrosidad sísmica (a ₀ /g)	0,04-0,08
	27	Límites de la estructura	Mal definida
5. Hidrogeología profunda de la formación almacén	28	Superficie estructura km ²	48
	29	Porosidad efectiva (%)	6.45
	30	Capacidad máxima estimada (M Tm CO ₂)	239
6. Recursos hidrogeológicos potencialmente afectados	31	Densidad CO ₂ (g/cm ³)	0.6
	32	Flujo profundo	Activo
7. Recursos mineros potencialmente afectados	33	Permeabilidad intrínseca de FA (mD)	1-10
	34	Condiciones para el estado supercrítico	Si
	35	Salinidad agua (ppm equivalente ClNa)	>15.000
	36	Presencia masa de agua	Si
8. Interacción del CO ₂ con el almacén	37	Población dependiente (nº hab)	25,000
	38	Regadío dependiente (Índice explotación)	0.97
	39	Presencia de aguas mineromedicinales	No
3. Aspectos socioeconómicos	40	Existencia de perímetros de protección aguas mineromedicinales	--
	41	Existencia de permisos de explotación de yacimientos de hidrocarburos	No
	42	Existencia de permisos de exploración geotérmica	--
	43	Existencia derechos mineros	Sí
3. Aspectos socioeconómicos	44	Potencial de desplazamiento de fluido	Medio
	45	Posibilidad de reacción del CO ₂ con almacén	Carbonatado (reactivo)
	46	Solubilidad CO ₂ (salinidad agua en ppm equivalentes de ClNa)	>15.000 (solubilidad del CO ₂ baja)

PARÁMETRO		BG-GE-02
Nombre	Núm.	Nombre
1. Generación de emisiones, transporte y capacidad de almacenamiento	1	Emisiones totales anuales procedentes de GFP en un radio de 50 km (Mt)
	2	Emisiones totales anuales de CO2 procedentes de GFP en un radio de 300 km (Mt)
	3	Vida útil del almacenamiento: Capacidad estructura geológica/Emisiones de CO2 anuales en un radio de 300 km (años)
	4	Proximidad a otras estructuras geológicas en un radio de 100 km (N/S)
	5	Distancia a redes de gaseoductos existentes (km)
2. Preservación del territorio y medio ambiente	6	Figuras de protección del patrimonio natural en el área susceptible de investigación explorativa
	7	Figuras de protección del patrimonio cultural y arqueológico en el área susceptible de investigación explorativa
3. Aspectos socioeconómicos	8	Núcleos de población en el complejo de almacenamiento (N/S)
	9	Número de habitantes en la estructura geológica
	10	Factores de favorabilidad geoclimática en el área de la estructura geológica
	11	Nivel de desarrollo del municipio/s de la estructura geológica según región FEDER
	12	Oportunidad económica del municipio/s de la estructura geológica según número de habitantes
	13	Puestos de trabajo totales en las fuentes emisoras de los GFP en un radio de 50 km (nº)
	14	Situación de la estructura geológica respecto a las fuentes emisoras de los GFP
	15	Presencia de tradición en actividad minera (N/S)

Tabla 8. TABLA EJEMPLO CON LOS CRITERIOS-PARÁMETROS CONSIDERADOS (ESTRUCTURA BG-GE-02 – Alto Guadalquivir – Mesozoico). Puntuación obtenida: Favorabilidad Geológica: 72.6. Favorabilidad en Ciencias de la Tierra (geología+hidrogeología): 69.9. Favorabilidad Total (geología+hidrogeología+ socioeconomía): 68.7.

4.2.2. Jerarquización de Almacenes

Como se acaba de mencionar, aplicando las prioridades de Criterios-Parámetros-Rangos de las tablas anteriores a las fichas de datos de cada una de las 103 estructuras estudiadas, se obtiene la jerarquización de las mismas, que se representa en el Mapa de adjunto (figura 8). Los perímetros de cierre de cada una de las 103 estructuras se representan en rojo.

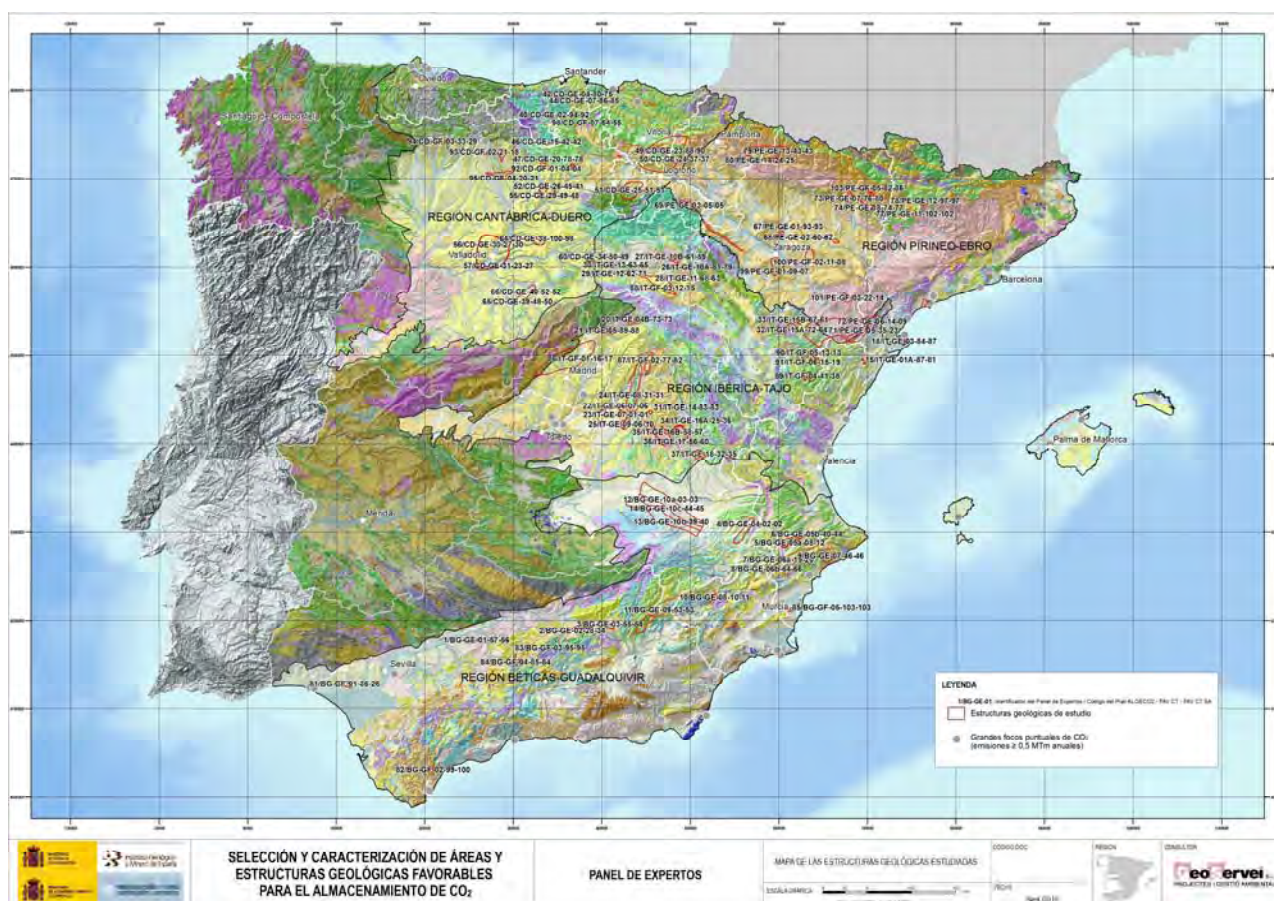


Figura 8. Mapa de Jerarquización de las estructuras geológicas estudiadas.
Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.

1/BG-GE-01-N1-N2. Código estructura panel expertos/Código estructura PLAN ALGECO2, figura 7, donde se añade:

N1: Número de orden correlativo de prioridad resultado de la aplicación, a las 103 estructuras seleccionadas, de los 8 criterios de favorabilidad de Ciencias de la Tierra

N2: Número de orden correlativo de prioridad resultado de la aplicación, a las 103 estructuras seleccionadas, de los 11 criterios de favorabilidad de Ciencias de la Tierra y Ambientales y Socioeconómicos, conjuntamente.



4.3. APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FAVORABILIDAD Y FIABILIDAD A ESTRUCTURAS CON CAPACIDAD SUPERIOR A LOS 50 Mt CO₂

4.3.1. Determinación de la Fiabilidad

Además de la Favorabilidad, el Panel ha incluido el **Análisis de la Fiabilidad** de la información geológica disponible de cada sitio estudiado, como criterio vinculante en la toma de decisiones, puesto que interfiere directamente en la favorabilidad de las estructuras o emplazamientos geológicos de almacenamiento según:

FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Emplazamiento a considerar especialmente	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Probable emplazamiento a descartar	+	FIABILIDAD
FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE Las buenas expectativas sugieren invertir en mayor conocimiento	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE El déficit de información puede justificar la ampliación de estudios aún a riesgo de resultados desfavorables	-	
+	-		
FAVORABILIDAD			

La consideración de la fiabilidad de la información conlleva la de la calidad de los datos de origen, entendiendo como tales:

- Fiabilidad de la información: indica la procedencia de las fuentes de información y los métodos y técnicas científicas utilizadas según grado de detalle que se obtiene.
- Calidad de los datos de origen: indica la credibilidad de los datos disponibles previamente (calidad alta, media, baja) según valoración de cada caso de estudio.

En concreto, y para los 46 parámetros identificados en Ciencias de la Tierra, se definieron 4 tipologías posibles de procedencia de la información según el grado de detalle y precisión que conllevan los métodos y técnicas específicas:

Tipo de procedencia	Descripción
A: Información de superficie	1: Relevante
	2: Complementaria
B: Geofísica	3: Sísmica de reflexión
	4: Otra geofísica relevante

Tabla 9. Tabla de Fiabilidad según origen información.

La Fiabilidad no se aplica a la Información Socioeconómica.

Tipo de procedencia	Descripción
C: Sondeos profundos	5: Columna litológica
	6: Diagrafías
D: Información de subsuelo previamente elaborada	7: Ensayos in situ
	8: Ensayos sobre muestra
	9: Relevante
	10: Complementaria

Otros referentes para la fiabilidad son (1) la descripción de las fuentes de información, para mayor precisión de su procedencia, y (2) la calidad de los datos de origen, entendiendo como tal a la variable que distingue de modo subjetivo, no estandarizado, la diferente credibilidad que pueden merecer los datos dispuestos según casuística particular de cada caso de estudio.



Por este motivo, y a diferencia de la fiabilidad de la información, la identificación de la calidad de los datos de origen dependerá de cada estructura geológica analizada y su ponderación será puesta en relación con la fiabilidad de la información, a modo de complemento, como expresa la siguiente tabla:

	Fiabilidad	Calidad
	Condiciona a la favorabilidad	Complementa a la fiabilidad
Valoración:	Peso de 0 a 100	Alta - Media - Baja
Asignación:	Panel de Expertos	Jefes de investigación

Por tanto, de manera equivalente a la Favorabilidad, aplicando las prioridades y pesos de fiabilidad establecidas por el Panel para cada parámetro en función de la procedencia de la información a las fichas de datos de cada estructuras, se obtiene la Fiabilidad (0 a 100) de la información geológica e hidrogeológica disponible de cada sitio estudiado.

4.3.2. Aplicación de Criterios de Favorabilidad y Fiabilidad a estructuras con capacidad superior a los 50 Mt CO₂.

El análisis FAVORABILIDAD/FIABILIDAD se ha aplicado SÓLO a las 55 estructuras favorables con mayor capacidad de almacenamiento de CO₂ (≥ 50 M Tm); condición indispensable para una vida útil del almacenamiento suficiente que justifique la inversión que eventualmente se requiera.

Las estructuras seleccionadas, que cumplen con el requisito de la capacidad de almacenamiento, han sido evaluadas y clasificadas según su tipología o grado de favorabilidad y fiabilidad de la información:

Tipología favorabilidad / fiabilidad	Estructuras
Favorabilidad elevada e información fiable	15
Favorabilidad elevada e información poco fiable	17
Favorabilidad baja e información poco fiable	16
Favorabilidad baja e información fiable	7
Total estructuras seleccionadas y evaluadas para Análisis Favorabilidad / Fiabilidad (capacidad de almacenamiento de CO ₂ ≥ 50 M Tm)	55
Estructuras no seleccionadas	48
Total estructuras analizadas	103

Tabla 10. Distribución de estructuras por Favorabilidad/Fiabilidad según Criterios geológicos

La línea de corte entre favorabilidad elevada y baja y entre la información fiable y poco fiable se ha establecido, en ambos casos, en el porcentaje de ponderación de las estructuras del 70%.

Se adjuntan Mapas de las estructuras geológicas seleccionadas de capacidad superior a los 50 Mt CO₂, con indicación de la FAVORABILIDAD/FIABILIDAD según criterios geológicos, geológicos + hidrogeológicos (ciencias de la tierra), y ciencias de la tierra + aspectos socioambientales (Figuras 9, 10, 11 y 12, en páginas 27 a 30).

Los almacenes de alta favorabilidad, según CRITERIOS GEOLÓGICOS, por Cuenca sedimentaria (detalle en figura 10), son:



a) CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero.

VASCO-CANTABRICA. Sin almacenes de alta favorabilidad de más de 50 Mt CO₂.

CUENCA DEL DUERO. Siete Almacenes de alta favorabilidad (de más de 50 Mt CO₂): Iglesias (Arenas Utrillas), CD-GE-27; Duero Central-Meridional (Arenas Utrillas), CD-GE-31; Don Juan Oeste (Arenas Utrillas), CD-GE-37; San Pedro (Arenas Utrillas), CD-GF-01; El Campillo (Arenas Utrillas), CD-GF-02; Boñar (Arenas Utrillas), CD-GF-03; Villameriel (Arenas Utrillas), CD-GF-04. Los tres primeros con baja fiabilidad, y los cuatro siguientes con alta.

Capacidad de los CUATRO almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad en CD: 617 Mt CO₂.

b) PE: Pirineo y Cuenca del Ebro.

PIRINEO. Dos Almacenes de alta favorabilidad: Roncal-Illon (Areniscas Buntsandstein), PE-GE-13; Leyre-Berdun (Eoceno inferior carbonatado), PE-GE-14. Ambos son de baja fiabilidad.

CUENCA DEL EBRO. Ocho Almacenes de alta favorabilidad: Cameros-Moncayo (Areniscas Buntsandstein), PE-GE-03; Magallón (Areniscas Buntsandstein), PE-GE-04; Zona de enlace (Muschelkalk, Bunt), PE-GE-05 y 06; Lopín (Areniscas Buntsandstein), PE-GF-01; Monegrillo (Areniscas Buntsandstein), PE-GF-02; Caspe-Mayals, PE-GF-03; Reus (Jurásico carbonatado), PE-GF-04. Todos son de baja fiabilidad, excepto Monegrillo, Caspe y Reus.

Capacidad de los TRES almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad en PE: 301 Mt CO₂.

c) IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán.

IBÉRICA-MAESTRAZGO. Dos Almacenes de alta favorabilidad y fiabilidad: Maestrazo 2 (Muschelkalk III) y 3 (Areniscas Buntsandstein), IT-GF-05 y 06.

CUENCA DE ALMAZÁN. Almazán meridional (Areniscas Buntsandstein), IT-GF-03, con alta favorabilidad y fiabilidad.

CUENCA DEL TAJO OCCIDENTAL. Cuatro Almacenes de alta favorabilidad y fiabilidad: Tielmes 1 y 2 (Areniscas Buntsandstein, Cretácico superior), IT-GE-06 y 07; Tribaldos (Areniscas Buntsandstein), IT-GE-09; y Tres Cantos-Alcobendas (Arenas Eocenas-Oligocenas), IT-GF-01.

Capacidad de SIETE almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad en IT: 1830 Mt CO₂.

d) BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir. Ocho Almacenes de alta favorabilidad:

CUENCA GUADALQUIVIR. Alto Guadalquivir (Jurásico carbonatado), BG-GE-02.

PREBÉTICO. Sinclinal de Pétrola (Arenisca de Manuel), BG-GE-04; Sierra de Benejama (Arenisca de Manuel, Dogger), BG-GE-05 a, b ; Sierra de Salinas (Dogger/Kimmeridgiense), BG-GE-06; Murcia B-1 (Cretácico carbonatado), BG-GE-08.

LA MANCHA. Plataforma tabular de la Mancha (Areniscas Buntsandstein y Arenisca de Manuel), BG-GE-10 b, c. El único almacén con alta fiabilidad es Murcia B-1.

Capacidad de UN almacén de alta favorabilidad y alta fiabilidad en BG: 366 Mt CO₂.

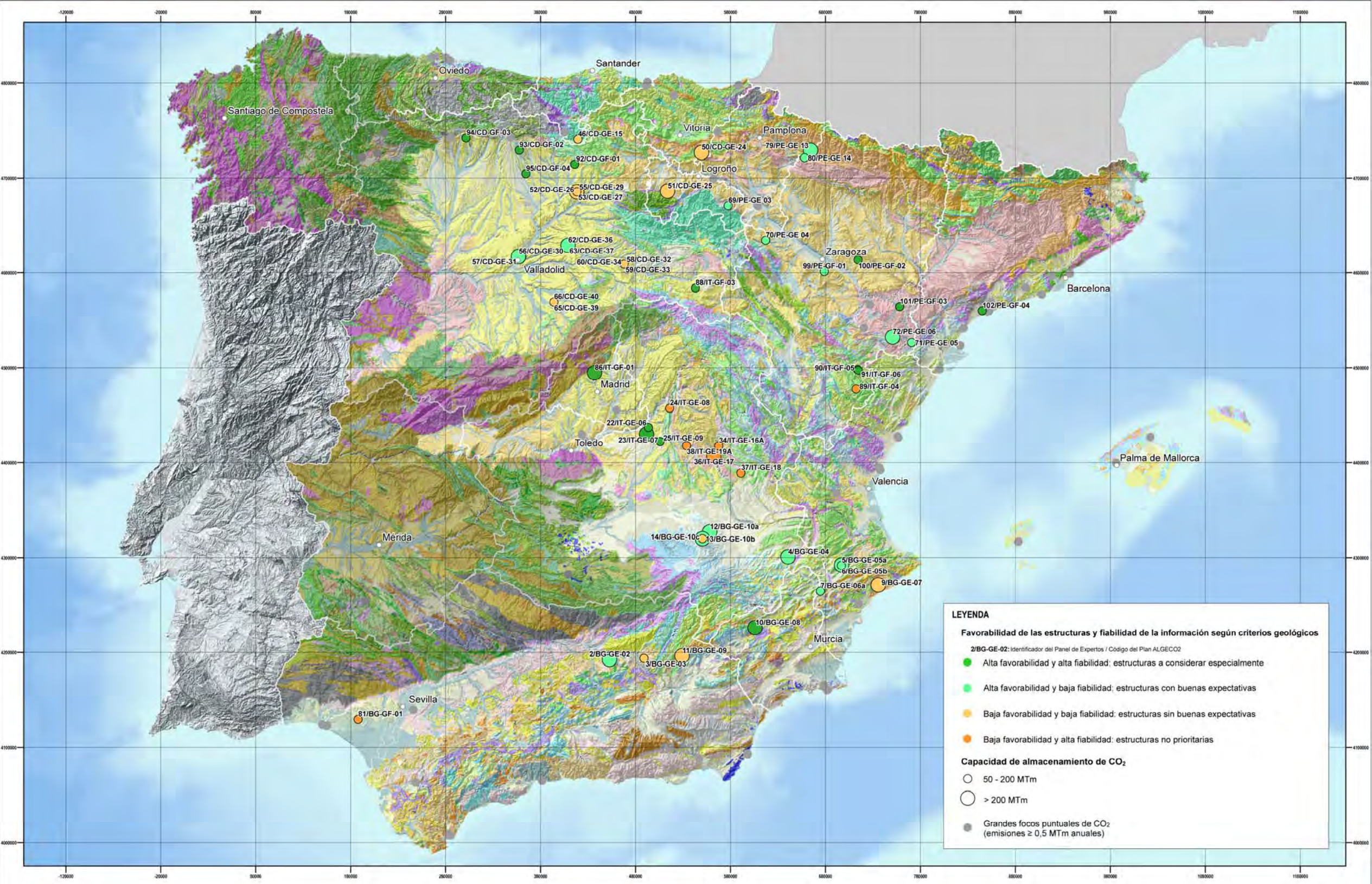
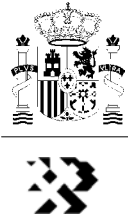


Figura 9. MAPA DE FAVORABILIDAD/FIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ESTUDIADAS. Favorabilidad según Criterios geológicos. Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO₂. Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.

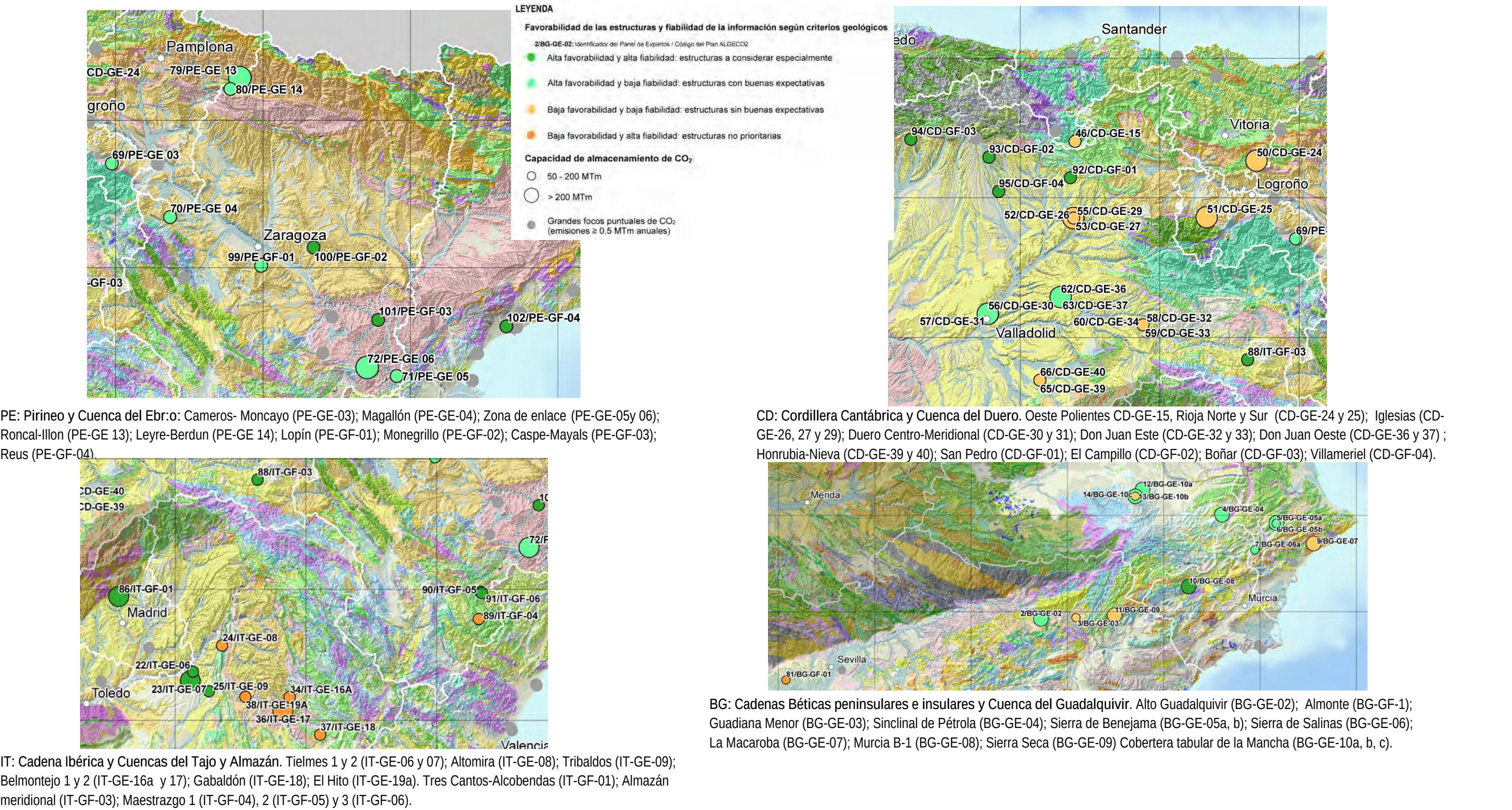
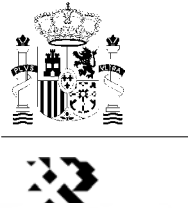


Figura 10. DETALLES DE MAPAS DE FAVORABILIDAD/FIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ESTUDIADAS. Favorabilidad según Criterios geológicos. 55 Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO₂. PE: 10 estructuras; CD: 19 estructuras; IT: 13 estructuras; BG: 13 estructuras. Base: mapa geológico de España 1: 1.000.000.

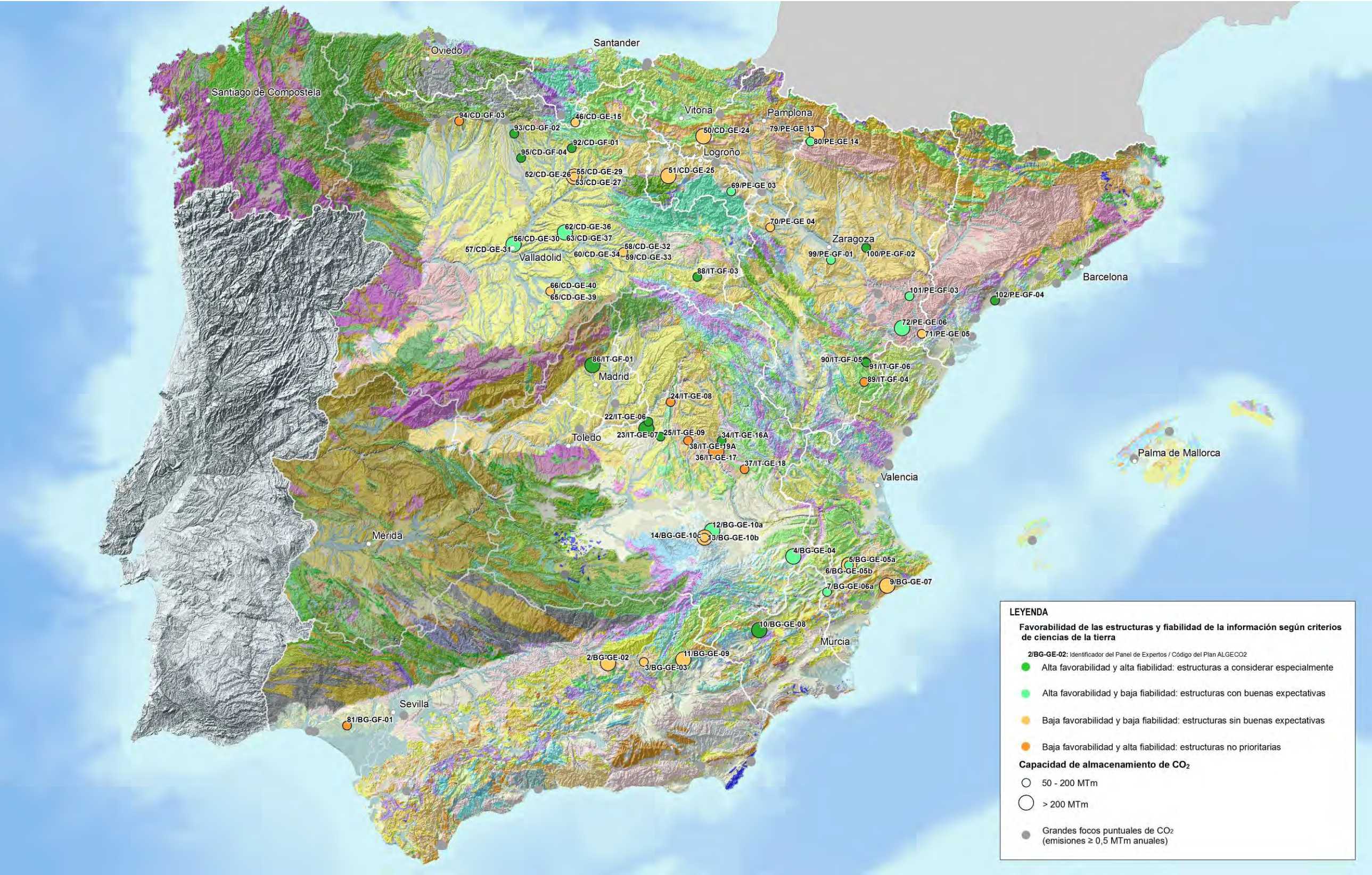
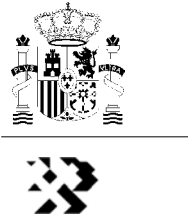


Figura 11. MAPA DE FAVORABILIDAD/FIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ESTUDIADAS. Favorabilidad según Criterios geológicos + hidrogeológicos (Ciencias de la Tierra). Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO₂

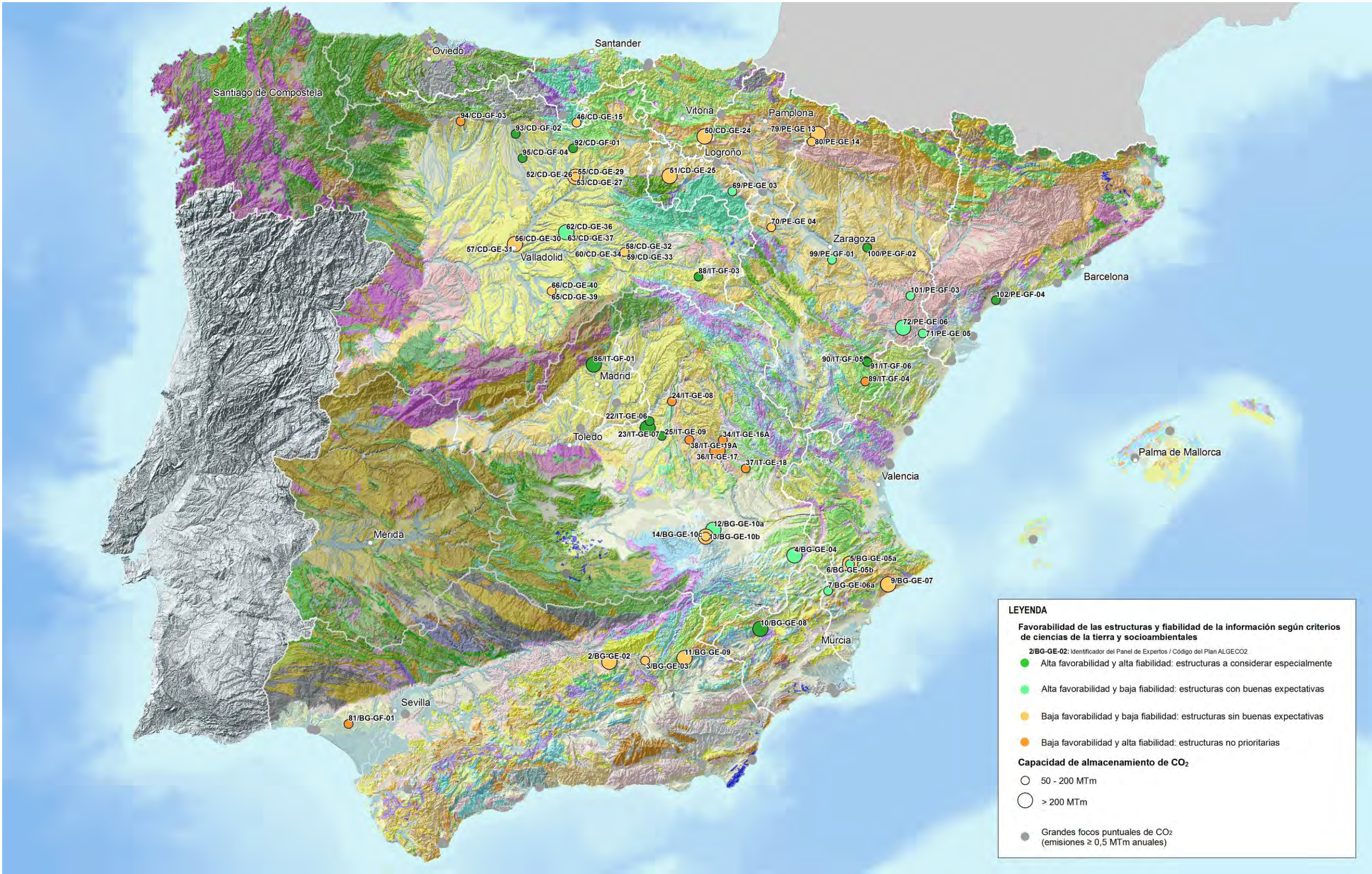
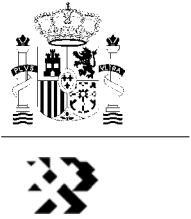


Figura 12. MAPA DE FAVORABILIDAD/FIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ESTUDIADAS. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioeconómicos. Almacenes de capacidad superior a los 50 Mt CO₂



5. RESUMEN DE RESULTADOS

5.1. CAPACIDADES

a) CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero. 34 almacenes con capacidad total estimada de 4920 Mt de CO₂.

VASCO-CANTABRICA. Total volumen almacenes 280 Mt CO₂. Sin almacenes de alta favorabilidad de más de 50 Mt CO₂.

CUENCA DEL DUERO. Total volumen almacenes 4.62 Gt CO₂.

*Capacidad de almacenes PRIORITARIOS (alta favorabilidad y alta fiabilidad, según criterios geológicos) de más de 50 Mt: 617 Mt CO₂. San Pedro; El Campillo; Boñar; Villameriel.

Capacidad de almacenes CON buenas expectativas (alta favorabilidad/baja fiabilidad) de más de 50 Mt: 1220 Mt CO₂. Don Juan Oeste b; Duero Central-Meridional a; Iglesias c.

b) PE: Pirineo y Cuenca del Ebro. 19 almacenes con capacidad total estimada de 1822 Mt de CO₂.

PIRINEO. Total volumen almacenes 541 Mt CO₂.

CUENCA DEL EBRO. Total volumen almacenes 1281 Mt CO₂.

*Capacidad de almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad (según criterios geológicos) de más de 50 Mt en PE: 301 Mt CO₂. Monegrillo; Caspe-Mayals; Reus.

*Capacidad de almacenes CON buenas expectativas (alta favorabilidad/baja fiabilidad) de más de 50 Mt: 950 Mt CO₂. Roncal-Illon; Leyre-Berdun; Cameros-Moncayo; Magallón; Zona de enlace a, b; Lopín.

c) IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán. 31 almacenes con capacidad total de 2887 Mt de CO₂.

IBÉRICA-MAESTRAZGO. Total volumen almacenes: 305 Mt CO₂.

CUENCA DE ALMAZÁN. Total volumen almacenes: 162 Mt CO₂.

CUENCA DEL TAJO OCCIDENTAL. Total volumen almacenes: 1759 Mt CO₂.

CUENCA DEL TAJO ORIENTAL. Total volumen almacenes: 661 Mt.

*Capacidad de almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad (según criterios geológicos) de más de 50 Mt en IT: 1830 Mt CO₂. Maestrazgo 2 y 3; Almazán meridional; Tiernes 1 y 2; Tribaldos; Tres Cantos-Alcobendas.

d) BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir. 19 almacenes que suman una capacidad total estimada de 3795 Mt CO₂

CUENCA GUADALQUIVIR. Total volumen almacenes: 526 Mt CO₂.

PREBÉTICO. Total volumen almacenes: 2148 Mt CO₂.

LA MANCHA. Total volumen almacenes 1121 Mt CO₂.

*Capacidad de almacenes de alta favorabilidad y alta fiabilidad de más de 50 Mt en BG: 366 Mt CO₂. Murcia B1.

*Capacidad de almacenes CON buenas expectativas (alta favorabilidad/baja fiabilidad) de más de 50 Mt: 1975 Mt CO₂. Alto Guadalquivir; Sinclinal de Pétrola; Sierra de Benejama a, b; Sierra de Salinas; Plataforma tabular de la Mancha a, c.

*En este apartado 5, respecto a los almacenes de la Cuenca del Duero: a, b, c, d indica Bunt, Jurásico, Utrillas y Cretácico Superior en Iglesias y Don Juan Este; a, b, c indica Bunt, Utrillas y Cretácico Superior en Don Juan Oeste; y a, b indica Utrillas y Cretácico Superior en Duero Central-Meridional y Honrubia-Nieva.



En resumen, la capacidad total estimada de los 103 almacenes seleccionados, distribuidos en cuatro cuencas, es de más de 13 Gt de CO₂ (tabla adjunta).

CUENCAS	BG	IT	CD	PE	TOTAL
Número Almacenes	19	31	34	19	103
Capacidad total (Mt)	3.795	2.887	4.920	1.822	13.424

TABLA 11. Tabla de capacidades totales por Cuenca en los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.

De los 103 almacenes hay 55 con capacidad de más de 50 Mt de CO₂, capacidad que, en principio, representa una vida útil del almacenamiento suficiente que justifique la inversión que eventualmente se requiera, a los que se ha aplicado el análisis FAVORABILIDAD/FIABILIDAD. De estos 55, 32 son de ALTA FAVORABILIDAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA con capacidad para almacenar un total de 7.2 Gt de CO₂. A su vez, entre estos 32, según las consideraciones explicadas anteriormente, 15 son de Alta favorabilidad/Alta fiabilidad (3.1 Gt) y 17 de Alta favorabilidad/Baja fiabilidad (4.1 Gt). Su distribución se indica en la tabla siguiente.

CUENCAS	BG	IT	CD	PE	TOTAL
Número Almacenes	19	31	34	19	103
Almacenes > 50 Mt	13	13	19	10	55
Almacenes > 50 Mt Alta favorabilidad / Alta fiabilidad	1	7	4	3	15
Almacenes > 50 Mt Alta favorabilidad / Baja fiabilidad	7	0	3	7	17
1. Capacidad Alta favorabilidad / Alta fiabilidad (Mt CO ₂)	366	1.830	617	301	3.114
2. Capacidad Alta favorabilidad / Baja fiabilidad (Mt CO ₂)	1.975	0	1.219	942	4.136
Capacidad total 1+2 (Mt CO ₂)	2.341	1.830	1.837	1.243	7.251

TABLA 12. Tabla de capacidades DE ALMACENES DE ALTA FAVORABILIDAD según Criterios geológicos de los cuatro grandes dominios geológicos estudiados. CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir.

5.2. DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES DE MAYOR CAPACIDAD (>50 Mt DE CO₂)

En el espacio FAVORABILIDAD/FIABILIDAD, la ubicación de los 55 almacenes (12.1 Gt) se expresa en la siguiente tabla:



FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Emplazamiento a considerar especialmente - San Pedro; El Campillo; Boñar ; Villameriel - Monegrillo; Caspe-Mayals; Reus. - Maestrazgo 2 y 3; Almazán meridional; Tielmes 1 y 2; Tribaldos; Tres Cantos-Alcobendas. - Murcia B1. 15 Almacenes Capacidad total: 3.1 Gt de CO₂ (25%)	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Probable emplazamiento a descartar - Altomira; Belmontejo 1, 2; Gabaldón; El Hito; Maestrazgo 1 - Almonte. 7 Almacenes Capacidad total: 0.9 Gt de CO₂ (8.4%)	FIABILIDAD + (>70) - (<70)	
FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE Las buenas expectativas sugieren invertir en mayor conocimiento -Don Juan Oeste b; Iglesias c; Duero Central-Meridional a. -Roncal-Illon; Leyre-Berdun; Cameros-Moncayo; Magallón; Zona de enlace a, b; Lopín. - Alto Guadalquivir; Sinclinal de Pétrola; Sierra de Benezama a, b; Sierra de Salinas; Plataforma tabular de la Mancha a, c. 17 Almacenes Capacidad total: 4.1 Gt CO₂ (33.3%)	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE El déficit de información puede justificar la ampliación de estudios aún a riesgo de resultados desfavorables: - Guadiana Menor; Macaroba; Sierra Seca; Cobertera Tabular b. - Oeste de Polientes; Rioja Norte; Rioja Sur; Iglesias b, d; Duero Central-Meridional b; Don Juan Este b, c, d; Don Juan Oeste c; Honrubia-Nieva a, b. 16 Almacenes Capacidad total: 4 Gt de CO₂ (33.3%)		
+ (>70)	- (<70)		
FAVORABILIDAD (CRITERIOS GEOLÓGICOS)			

Tabla 13. Distribución de estructuras y capacidades por Favorabilidad/Fiabilidad según Criterios geológicos. Almacenes de más de 50 Mt CO₂

La ubicación de los almacenes Tabla 13 se indica en la figura 9 y en los detalles de mapas de Favorabilidad/Fiabilidad de las estructuras geológicas estudiadas de la Figura 10.

5.3. CONSIDERACIÓN DE LA TOTALIDAD DE CRITERIOS DE FAVORABILIDAD. DISTRIBUCIÓN DE ALMACENES POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Considerando la Favorabilidad según los cuatro Criterios geológicos la distribución de almacenes es:

Total		Favorabilidad estructuras		
		Alta	Baja	Total
Fiabilidad información	Alta	15	7	22
	Baja	17	16	33
	Total	32	23	55

Considerando la Favorabilidad según la totalidad de los once Criterios estudiados (ocho en Ciencias de la tierra y tres Socioambientales), la distribución territorial de las estructuras de capacidad superior a los 50 Mt de CO₂ es:



Total		Favorabilidad estructuras			
		Alta	Baja	Total	
Fiabilidad información	Alta	13	8	21	
	Baja	11	23	34	
	Total	24	31	55	
Regiones geológicas		Favorabilidad-Fiabilidad			
		A-A	A-B	B-A	B-B
Béticas-Guadalquivir		1	4	1	7
Ibérica-Tajo		7	0	6	0
Cantábrica-Duero		3	2	1	13
Pirineo-Ebro		2	5	0	3
Total estructuras		13	11	8	23

Tabla 14. Tabla de Estructuras geológicas por regiones de estudio y Favorabilidad/Fiabilidad total. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja).

La distribución de almacenes de mayor capacidad (>50 Mt DE CO₂) por COMUNIDADES AUTÓNOMAS es:

Comunidades autónomas	Favorabilidad-Fiabilidad			
	A-A	A-B	B-A	B-B
Andalucía	-	-	1	3
Aragón	3	2	1	1
Cantabria	-	-	-	1
Castilla – León	4	2	1	10
Castilla - La Mancha	1	2	5	2
Cataluña	1	-	-	-
C. Valenciana	-	1	-	2
Murcia	1	-	-	-
Rioja	-	1	-	1
Aragón y Cataluña	-	2	-	-
Aragón y Navarra	-	-	-	2
Castilla - La Mancha y Madrid	3	-	-	-
C. Valenciana y Murcia	-	1	-	-
Navarra y P. Vasco	-	-	-	1
Total estructuras	13	11	8	23

Tabla 15. Tabla de Estructuras geológicas por Comunidades Autónomas y Favorabilidad/Fiabilidad. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja).

En el espacio FAVORABILIDAD/FIABILIDAD, la ubicación de los 55 almacenes (12.1 Gt) se expresa en la siguiente tabla:



FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Emplazamiento a considerar especialmente - San Pedro; El Campillo; Villameriel - Monegrillo; Reus. - Maestrazo 2 y 3; Almazán meridional; Tielmes 1 y 2; Tribaldos; Tres Cantos-Alcobendas. - Murcia B1. 13 Almacenes Capacidad total: 2.9 Gt de CO₂ (24%)	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN FIABLE Probable emplazamiento a descartar - Boñar - Altomira; Belmontejo 1, 2; Gabaldón; El Hito; Maestrazgo 1 - Almonte. 8 Almacenes Capacidad total: 1.0 Gt de CO₂ (8.0%)	+ (>70)	FIABILIDAD
FAVORABILIDAD ELEVADA A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE Las buenas expectativas sugieren invertir en mayor conocimiento - Don Juan Oeste b, c; - Cameros-Moncayo; Zona de enlace a, b; Lopín; Caspe-Mayals; - Sinclinal de Pétrola; Sierra de Benejama a; Sierra de Salinas; Plataforma tabular de la Mancha a. 11 Almacenes Capacidad total: 2.4 Gt CO₂ (20.0%)	BAJA FAVORABILIDAD A PARTIR DE INFORMACIÓN POCO FIABLE El déficit de información puede justificar la ampliación de estudios aún a riesgo de resultados desfavorables: - Roncal-Illon; Leyre-Berdun; Magallón; - Alto Guadalquivir; Guadiana Menor; Macaroba; Sierra Seca; Cobertera Tabular b, c; Benejama b; - Oeste de Polientes; Rioja Norte; Rioja Sur; Iglesias b, c, d; Duero Central-Meridional a, b; Don Juan Este b, c, d; Honrubia-Nieva a, b. 23 Almacenes Capacidad total: 5.8 Gt de CO₂ (48%)	- (<70)	
+ (>70)	- (<70)		
FAVORABILIDAD (TODOS LOS CRITERIOS)			

Tabla 16. Distribución de estructuras y capacidades por Favorabilidad/Fiabilidad según la totalidad de Criterios (11).
Almacenes de más de 50 Mt CO₂ (posición en figura 12).

Respecto a la Tabla 13 del apartado 5.2 que sólo contemplaba los cuatro Criterios geológicos han cambiado de ubicación: Boñar (de AA a BA); Caspe-Mayals (de AA a AB); Don Juan Oeste c (de BB a AB); y Iglesias c, Duero Central-Meridional a, Roncal-Illon, Leyre-Berdun, Magallón, Benejama b y Cobertera Tabular c (de AB a BB). A modo de ejemplo, estos cambios se representan en el mapa de detalle de la figura 13 para el caso de Pirineos-Cuenca del Ebro. En general, en todas las Cuencas, se observa una pérdida de la calidad de la Favorabilidad / Fiabilidad de los almacenes, motivada sobre todo por la penalización que significa la toma en cuenta de los Criterios Hidrogeológicos. Dado que la inclusión de la favorabilidad socioambiental en la integración de la Favorabilidad Total se concreta atorgando a la misma un peso de sólo el 10% de la ponderación total que corresponde a cada estructura, los factores socioeconómicos y ambientales, intencionadamente, no introducen grandes alteraciones en la valoración de los almacenes. Este porcentaje del 10% obedece sólo a la función de discriminar las estructuras que tengan características físicas y valoraciones similares por Criterios de Ciencias de la Tierra.

La siguiente tabla (Tabla 17) proporciona la lista completa de almacenes por Comunidades Autónomas y favorabilidad / fiabilidad total. Se destacan en rojo aquellas Comunidades que concentran la mayor Capacidad de Almacenamiento, a saber, Aragón, Castilla – León, Castilla - La Mancha, C. Valenciana / Murcia, y Madrid. Las cifras indicadas son capacidades totales de almacenes de más de 50 Mt CO₂. Se indican en amarillo los almacenes fundamentalmente terrígenos; en azul, los carbonatados (muchos almacenes son mixtos).

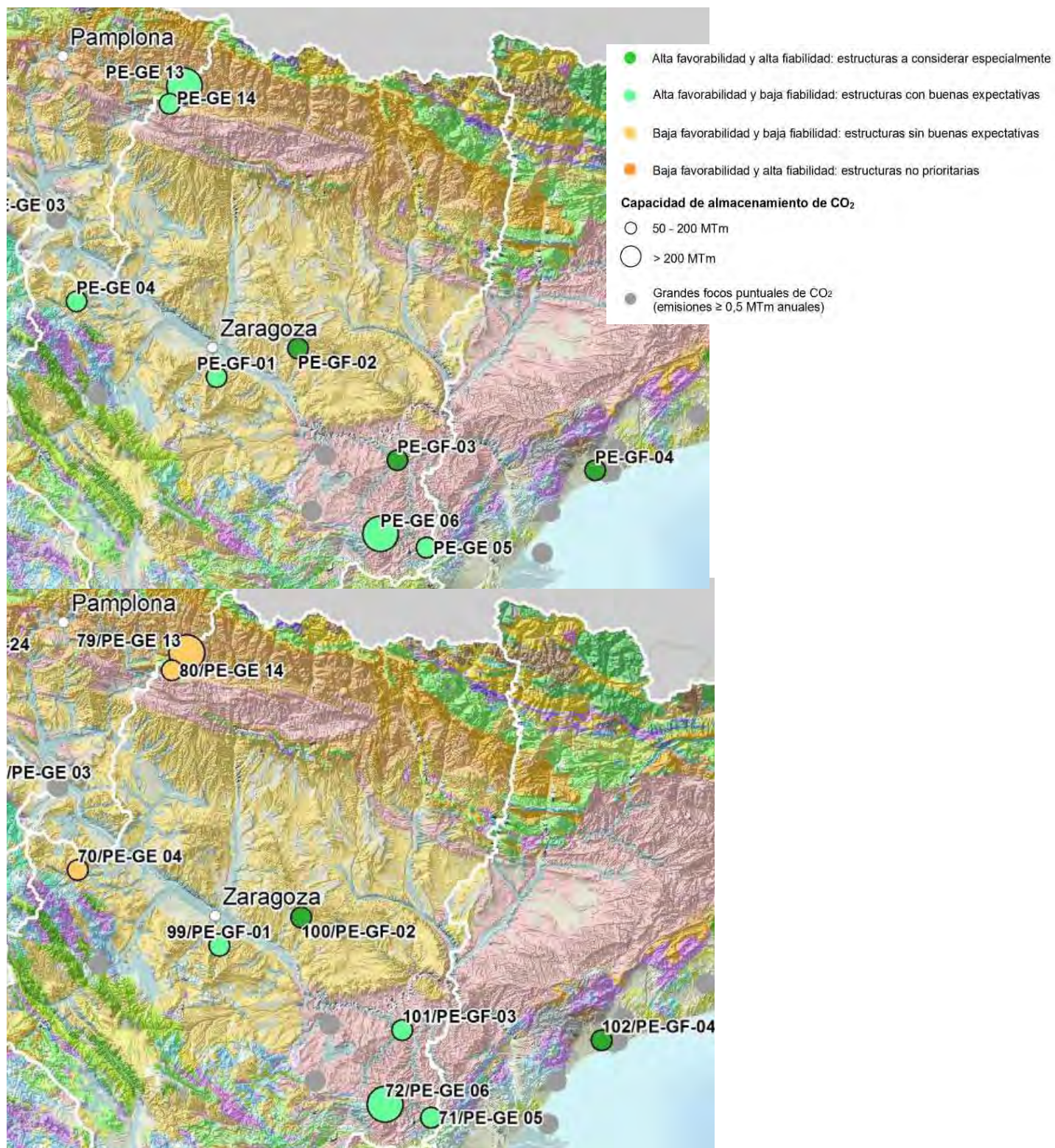


Figura 13. Pirineos-Cuenca del Ebro: variación de la distribución de estructuras por Favorabilidad/Fiabilidad según se consideren Criterios geológicos (cuatro; arriba) o la totalidad de Criterios (once; abajo).



Comunidades autónomas	Favorabilidad-Fiabilidad			
	A-A	A-B	B-A	B-B
Andalucía	-	-	Almonte	Alto Guadalquivir, Guadiana Menor, Sierra Seca
Aragón	Maestrazgo 2, Maestrazgo 3, Monegrillo	Lopín, Caspe-Mayals	Maestrazgo 1	Magallón
Aragón /Cataluña	-	Zona de enlace a, b	-	-
Aragón /Navarra	-	-	-	Roncal-Illón, Leyre-Berdún
Cantabria	-	-	-	Oeste de Polientes
Castilla – León	Almazán meridional, San Pedro, El Campillo, Villameriel	Don Juan Oeste b, c	Boñar	Iglesias b, c, d, Duero Centro-Meridional a, b, Don Juan Este b, c, d, Honrubia-Nieva a, b
Castilla - La Mancha	Tribaldos	Sinclinal de Pétrola, Cobertura Tabular La Mancha a	Altomira, Belmontejo 1, 2, Gabaldón, El Hito	Cobertura Tabular de La Mancha b, c
Cataluña	Reus	-	-	-
C. Valenciana/Murcia	Murcia B-1	Sierra de Benejama a, Sierra de Salinas	-	Sierra de Benejama b, Macaroba
Rioja	-	Cameros - Moncayo	-	Rioja Sur
Madrid	Tielmes 1, 2, Tres Cantos-S. Sebastián de los Reyes	-	-	-
Navarra/P. Vasco	-	-	-	Rioja Norte
Nº Estructuras / Capacidad	13 / 2 .6 Gt de CO ₂	11 / 2 .4 Gt de CO ₂	8 / 1 .0 Gt de CO ₂	23 / 6 .1 Gt de CO ₂

Tabla 17. Tabla de Estructuras geológicas por Comunidades Autónomas y Favorabilidad/Fiabilidad total. Favorabilidad según Criterios de Ciencias de la tierra y Socioambientales (A: alta. B: baja). En amarillo: almacenes terrígenos; en azul, carbonatados.



5.4. ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS DIGITALES

Ya se ha indicado que las tareas descritas en el apartado 3 se han distribuido en 11 Proyectos diferentes: 4 de geología e hidrogeología, respectivamente, por Cuenca (CD: Cordillera Cantábrica y Cuenca del Duero; PE: Pirineo y Cuenca del Ebro; IT: Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y Almazán; BG: Cadenas Béticas peninsulares e insulares y Cuenca del Guadalquivir; figura 1), uno de Geofísica (o Geología del Subsuelo), uno de Sondeos, más el proyecto del Panel de expertos.

A nivel conceptual, se han obtenido las siguientes categorías de productos digitales:

a) Información cartográfica de superficie y subsuelo

-Coberturas SIG de geología 1:400.000 (por Cuenca) y 1:50.000 Geode (por estructura almacén).

-Coberturas SIG de isobatas e isopacas por Cuenca:

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

-Coberturas SIG de isobatas de los pares almacén/sello por estructura.

-Coberturas SIG de la información regional de hidrogeología (masas de agua, sondeos, flujos profundos, etc).

b) Bases de datos geofísicas (desarrollo de SIGEOF) y modelos

-Bases de datos de sondeos profundos por Cuenca (sondeos petrolíferos, geotérmicos, hidrogeológicos profundos, etc) con diversa documentación aneja como informes de sondeo, y diagrfías (1.000.000 m, en LAS).

-Base de datos de líneas sísmicas (SEG-Y)

-Modelos 3D (la mayoría en gOcad) de cada estructura

c) Base de datos del Panel de Expertos. Los productos del Panel comprenden coberturas SIG correspondientes a mapas de potenciales estructuras geológicas de almacenamiento en España. La implementación integra la información cartográfica y las fichas de los almacenes, datos necesarios para el proceso de selección de estructuras geológicas favorables para el almacenamiento de CO₂; así como aquella información georreferenciada que puede ser relevante para el desarrollo de las diferentes etapas del Plan.

d) Informes finales de cada Proyecto (pdf).

De acuerdo con su distribución en 11 Proyectos, arriba mencionada, la información digital generada en el denominado "Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España", Plan ALGECO2, ha quedado dividida en los siguientes volúmenes (se indica el árbol de directorios principal):

VOLUMEN I-1 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Geología –

Resultados_Regional_Local

Datos Originales IGME

Datos_auxiliares

Modelos_Gocad

PDF

VOLUMEN I-2 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Hidrogeología –

INFORMACION HIDROGEOLOGICA

INFORMACION_DIGITAL_TIHGSA

VOLUMEN II-1 Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro – Geología –



ANEXOS
FASE_AREAS_ESTRUCTURAS_FAVORABLES
FASE_SINTESIS_GEOLOGICA_REGIONAL
INFORME
PDF

VOLUMEN II-2 Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro – Hidrogeología –
BaseDatosSondeos
FuncionamientoHidraulicoDetalle
MapasRegionalesTematicos
Memoria
ModelosConceptualesRegionales
ProductosDigitales

VOLUMEN III-1 Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán – Geología –
VOLUMEN III-0 (DATOS ORIGINALES)
VOLUMEN III-1 (MEMORIA)
VOLUMEN III-2 (FASE REGIONAL)
VOLUMEN III-3 (FASE DE DETALLE)

VOLUMEN III-2 Cadena Ibérica y Submeseta Meridional – Hidrogeología –
Atlas
Base Datos Hidro_IT
informac-digital

VOLUMEN IV-1 Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir – Geología –
ANEXOS
Fase de Detalle
Fase Regional
Memoria
PDFs

VOLUMEN IV-2 Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir – Hidrogeología –
BDSondeosProfundos
Documentos Editados
Fase detalle
Fase Regional

VOLUMEN V Geología del Subsuelo
ANEXOS
DOCUMENTOS_GRAFICOS
GEOGRAPHIX
INFORME
PDF

VOLUMEN VI Sondeos
Diagrafías
ES-SO-01-00-00-00
Memoria
VOLUMEN VII Panel de expertos
Datos y parámetros



Figuras
Gráficos
Mapas
Memoria

Los créditos de los volúmenes correspondientes a cada uno de estos Proyectos aparecen en el Anexo 1. La lista completa de productos cartográficos generados se da en el Anexo 2. La presentación de cada una de las 103 estructuras (fase de detalle) se efectúa en 5 paneles: Panel 1 con geología y columna de referencia, Panel 2 de líneas sísmicas y cortes, Panel 3 con isobatas de los pares almacén/sello, Panel 4 con modelos 3D, y Panel 5 con los datos petrofísicos, cálculo del volumen y ficha resumen de cada almacén.

La información digital ha sido entregada por los contratistas según los siguientes criterios establecidos por el IGME:

*** INFORMACIÓN CONSISTENTE Y COMPRENSIVA.** Se ha almacenado toda la información digital de trabajo.

Así, existen los siguientes grupos de archivos:

- * Información previa, aportada principalmente por el IGME, eventualmente analizada y depurada por cada contratista
- * Información auxiliar empleada y datos brutos relevantes para el estudio, cuya proveniencia podrá ser diversa (BBDD públicas, bibliografía, otras empresas, etcétera...)
- * Datos digitales (cartografía, interpretaciones, etc) elaborados (a suministrar según las instrucciones del Plan).

*** INFORMACIÓN ESTRUCTURADA.**

La información presenta una organización y una estructura basada en la codificación de los diferentes productos y mapas que se describe en las instrucciones ALGECO2-Ins-01 y ALGECO2-Ins-02 y las normas de entrega de datos digitales del Plan de CO₂ que han sido establecidas (ALGECO2-Ins-03), de acuerdo con una estructura mínima de datos digitales definida, en la que cada producto digital hace referencia al mapa codificado en el cual se emplea.

*** INFORMACIÓN COMPATIBILBLE**

Los datos recopilados y elaborados durante el proyecto deberán ser entregados en formatos estándar (los datos y resultados válidos se expresarán en formatos unitarios digitales homogéneos ASCII, DXF/DGN, SEGY, LAS, TIFF, etc). En el caso de uso de software propietario de tratamiento e interpretación de datos con formatos específicos, el contratista conserva la responsabilidad de dar solución, a requerimiento del IGME, a los problemas de consistencia, compatibilidad y transferencia de datos que eventualmente pudieran surgir.

*** USO INTERNO Y CONFIDENCIALIDAD**

En general, toda la información digital tanto de partida como generada dentro de los proyectos del Plan de Selección y Caracterización de Áreas y Estructuras Geológicas Favorables para el Almacenamiento de CO₂ tiene el carácter de no confidencial (salvo la cedida al IGME en sentido contrario). Por ello, esta información se integrará y almacenará, a la finalización del Proyecto, en un sistema que permita su consulta y descarga estableciendo unas condiciones de búsqueda. Esta búsqueda podrá ser temática y espacial. Para que el proceso de carga y asignación de atributos se realice de manera eficiente es fundamental que la información generada en los proyectos se entregue con unos requisitos mínimos de codificación y organización siguiendo las instrucciones ALGECO2 especificadas por el IGME (apartado 3).

Una vez que la información digital sea convenientemente verificada, se iniciará un proceso de diseño de un Sistema de Información de Geología del Subsuelo. Esta información se mantendrá no consultable hasta que la Dirección del IGME decida sobre sus usuarios potenciales.



5.5. AVANCE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN CÁMARA HIPERBÁRICA (evolución del sistema poroso de rocas sedimentarias sometidas a la acción del CO₂ en estado supercrítico: aplicación al almacenamiento geológico de CO₂)

5.5.1. Introducción

Este trabajo está enfocado al estudio y caracterización del sistema poroso de rocas detríticas susceptibles de ser empleadas como almacenes geológicos de CO₂. En concreto, al estudio de la evolución de estos sistemas porosos, al ser sometidos a la acción de CO₂ en estado supercrítico durante los estadios iniciales de la fase de inyección. La investigación incluye la caracterización completa del sistema poroso a escala de la roca matriz de los materiales en su estado natural, y la evolución de éste, a diferentes periodos de permanencia de CO₂ en su interior. La inyección de CO₂ en estado supercrítico se realizará en laboratorio mediante la utilización de cámaras de ensayo que simulan las condiciones reales existentes en una estructura geológica almacén localizada entre 600 y 1.000 m de profundidad. Estos ensayos permitirán establecer diferentes condiciones de ensayo a partir del control y monitorización de las variables: presión, temperatura, pH, salinidad, flujo de inyección y periodo de tiempo de ensayo.

El estudio de la evolución del sistema poroso se basará en la caracterización y cuantificación de los componentes y características petrográficas más relevantes: fábrica de la roca, texturas, poros, fisuras, conexiones entre espacios vacíos, bordes de grano, composición química, grado de alteración, etc., mediante la aplicación e interrelación de técnicas de observación directa, tales como: microscopía óptica de polarización, microscopía de fluorescencia, microscopía láser confocal, microscopía electrónica de barrido con microanálisis asociado, tomografía de rayos X, 14C-PMMA, etc., todas ellas en combinación con metodologías de cuantificación por medio de análisis digital de imagen y técnicas estereológicas. Partiendo de los estudios anteriores, la interpretación y predicción de la funcionalidad hidráulica de la roca matriz, se apoyará en la realización de ensayos indirectos, tales como; absorción libre y forzada de agua, permeabilidad, porosimetría de inyección de mercurio, absorción de gases, etc.

Los resultados de esta investigación permitirán definir el potencial de las rocas detríticas como posibles almacenamientos geológicos de CO₂, estableciendo preliminarmente capacidades de almacenamiento, funcionalidades hidráulicas, posibles fenómenos de geoatrapamiento, validación de modelos geoquímicos al uso, etc. Además, permitirá establecer la validez de las herramientas y metodologías empleadas tradicionalmente en este nuevo campo de aplicación.

5.5.2. Muestras ensayadas

La selección del emplazamiento de donde se han tomado las muestras para los ensayos y experimentación planteada ha obedecido fundamentalmente al criterio de que se trate de: formaciones sedimentarias susceptibles de ser empleadas como almacenes geológicos de CO₂ (formaciones permeables, profundas, confinadas con una roca sello impermeable). En este sentido, se tratará de formaciones con gran extensión lateral y sin perturbaciones (discontinuidades estructurales) que pudieran actuar como vías de flujo preferente. Con este criterio se han ensayado muestras procedentes de dos sondeos con recuperación de testigo continuo realizados en la campaña de Sondeos del “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2:

*El sondeo de Linares (SB-2), en el que la muestra ensayada corresponde la formación Arenisca de Manuel (teórica fm. almacén), del Triásico Superior (Keuper; se trata de areniscas con cemento carbonatado predominante, poco maduras pero relativamente bien clasificadas); y

*El sondeo de Tiermes (SI-1), donde La muestra correspondiente a la posible formación almacén (Buntsandstein) es una arenisca con cemento carbonatado predominante y bastante inmadura.

5.5.3. Discusión y primeras conclusiones de la inyección experimental de CO₂ en rocas detríticas (Areniscas de Linares y Tiermes)

La mineralogía principal de las dos areniscas estudiadas es muy similar: Qtz + Kfs + Arcillas + Carbonatos ± componentes menores. Su textura original sin embargo es bastante diferente, mas heterométrica y con mayor porosidad interconectada en canales y conductos en el caso de la arenisca de Tiermes y más homogénea, mejor clasificada y con menor porosidad en



conductos en el caso de la arenisca de Linares.

El efecto aparente de la inyección del CO₂ sobre ambas areniscas parece bastante diferente en un caso y otro: cambios texturales (y posiblemente mineralógicos-composicional indirectos) importantes en el caso de la arenisca de Linares, y cambios texturales (y mineralógicos indirectos) de menor importancia en el caso de la arenisca de Tiernes.

Dado que la principal diferencia original entre ambas areniscas es principalmente textural, debemos suponer que las diferencias originales en la textura de la roca pueden conducir a que la acción del CO₂ inyectado produzca cambios mayores o menores en la roca almacén:

- La distribución homogénea de granos minerales y matriz/cemento en la arenisca de Linares favorece que el CO₂ percole a través de todo el conjunto textural, produciendo descohesión total o parcial de la matriz/cemento de la roca. Esto genera un cambio textural que es más importante si esta matriz descohesionada puede movilizarse fuera del sistema (tal y como parece ocurrir en el experimento al someter la muestra a tratamiento de cortes etc.). Esta posible pérdida de, al menos, parte de esta matriz descohesionada también conduce a un cambio mineralógico-composicional ya que estaríamos substrayendo una/unas determinadas fases minerales de la roca total.
- La distribución más heterométrica y la presencia de canales o conductos porosos (mayor % de porosidad interconectada) en la arenisca de Tiernes favorece que el CO₂ inyectado intruya con preferencia a través de estos canales y conductos y no percole a través de la roca como en el caso anterior. En este caso la descohesión de los granos minerales de matriz/cemento se limitará principalmente a las zonas donde los conductos/canales se encuentren parcialmente rellenos por estos minerales de que formen matriz/cemento. En consecuencia tiene lugar un incremento de la porosidad aunque menor y también cierto cambio mineralógico siempre que, como antes se apuntó, el sistema este abierto y parte de la matriz/cemento des-cohesionado pueda perderse. En definitiva, es posible que la presencia de una mayor porosidad interconectada (a modo de micro-canales y conductos, que se traduce en una mayor permeabilidad) en las rocas almacén contribuya a una menor transformación textural y mineralógica-composicional de la roca original.

Es destacable que no se observan cambios mineralógico-composicionales directos entre las muestras no tratadas y las tratadas, pero sí cambios composicionales indirectos. Por cambios mineralógico-composicionales directos nos referimos a transformaciones químicas de fases originales presentes en la roca para generar otras fases nuevas. Si el CO₂ inyectado reaccionase con alguna de las fases minerales presentes en las rocas almacén y favoreciese la disolución/transformación de fases previas y/o la precipitación de nuevas fases entonces hablaríamos de estos cambios mineralógico-composicionales directos. Este tipo de cambios no ha sido observado en el presente estudio por lo que es probable que no tuvieran lugar. Esto es coherente con los resultados de algunos estudios experimentales previos en los que la interacción de CO₂ en seco con rocas almacén no se traduce en precipitación/disolución de fases minerales

Sin embargo los cambios mineralógico-composicionales indirectos sí parecen haberse producido en nuestros estudios experimentales. Estos cambios indirectos son consecuencia de los cambios texturales producidos por la posible descohesión de la matriz arcillosa posiblemente causada por la inyección de CO₂ a presión. Esta descohesión favorece que, si el sistema es abierto, parte de las fases minerales de la matriz puedan salir del sistema lo que genera un cambio mineralógico-composicional en el conjunto. La naturaleza de este cambio es física y no química como en el caso anteriormente expuesto. La posible des-cohesión de la matriz por la acción del CO₂ conduce lógicamente a un incremento de la porosidad cuando el sistema es abierto y tenga lugar una pérdida parcial de esta matriz. Por lo tanto el aumento observado de la porosidad en las muestras tratadas de nuestros experimentos son causados, con mucha probabilidad, por esta des-cohesión + pérdida de matriz.

Finalmente, hay que apuntar la posibilidad de que los cambios entre muestras tratadas y sin tratar respondan simplemente a la marcada heterogeneidad de las muestras, y no a ningún proceso. En este contexto, sería adecuado plantear una corrección de la metodología (microscopio ambiental, análisis fluidos, etc.). En los ensayos presentados se ha omitido la aplicación de algunas técnicas (tomografía de rayos X, 14C-PMMA) debido a que por las condiciones de análisis (tipo de muestra y diferentes muestras para comparación -Roca fresca y Roca bajo CO₂ sup-) no habrían supuesto la obtención de información relevante, en el contexto de lo planteado inicialmente.

Aproximación a condiciones reales de Inyección de CO₂

La manipulación de la muestra con posterioridad al ensayo experimental puede haber provocado la pérdida parcial de esta matriz des-cohesionada por lo que al observar las superficies de las muestras tratadas al SEM destaca la ausencia de matriz (total o parcial) con respecto a la muestra no expuesta al CO₂ donde la matriz es un componente abundante. Cabe plantearse qué ocurre en un caso real de inyección de CO₂ a presión en una roca almacén donde su componente de matriz puede verse afectado por la acción del CO₂. Los resultados experimentales expuestos indican una descohesión de la matriz y un incremento de la porosidad seguramente relacionados. Cabe cuestionarse qué puede ocurrir con la matriz des-cohesionada en condiciones reales donde teóricamente el sistema es cerrado. En principio se debe suponer que la inyección es en seco, es decir el CO₂ inyectado en las inmediaciones del sondeo desplaza lateralmente a las posibles soluciones salinas que se encuentren ocupando la porosidad de la roca almacén.

Lo más probable es que este CO₂ de inyección inicial, al desplazar a la solución salina, también migre hacia las zonas superiores de la roca almacén debido a su menor densidad. Se genera así una zona de interacción entre CO₂ y las rocas almacén y sello en condiciones secas. Entre esta zona de interacción en seco y las zonas de la formación almacén ocupadas por la salmuera o solución salina debe existir una zona donde el CO₂ interactúe con el H₂O (disolviéndose) y con la roca almacén (zona ii en la figura 14).

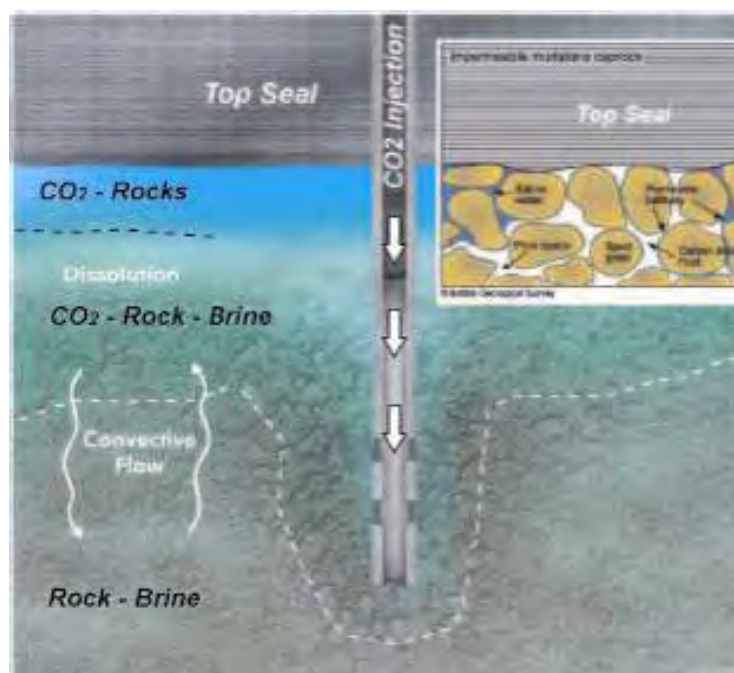


Figura 14. Dibujo esquemático y de detalle del proceso de inyección de CO₂. Una vez producida la inyección el CO₂ tiende a migrar lateralmente y hacia arriba hasta alcanzar la formación sello. En esta migración desplaza lateralmente a la salmuera o solución salina (Brine) que ocupaba la porosidad de la roca almacén. Teóricamente se generan así 3 zonas en las inmediaciones del sondeo de inyección: i) Una zona de interacción de CO₂ con las rocas almacén y sello en condiciones secas. ii) Una zona de interacción entre el CO₂, la solución salina y la roca, donde el CO₂ se va disolviendo en la solución salina en función de la presión (mayor disolución a mayor P) y la temperatura (menor disolución a mayor T).iii) Una zona donde se preservan las condiciones iniciales de roca almacén y salmuera.

Esta es la forma teórica en que el CO₂ comienza a percolar a través de la roca almacén. En principio, como indican los resultados experimentales, la matriz puede perder su cohesión original por la percolación a presión de CO₂ lo cual con seguridad aumentará la porosidad y redistribuirá la interconexión entre poros pero en menor grado que si el sistema fuese abierto y ocurriese una pérdida parcial de matriz. Un efecto adicional a considerar y que no es reproducido en los ensayos experimentales es el efecto de la presión litostática: por una parte esta presión podría favorecer la cohesión de la matriz frente a la acción del CO₂. Si finalmente la matriz pierde la cohesión entonces el efecto de la presión litostática podría resultar en un reajuste textural en el entorno del sondeo que podría generar subsidencias y microsismicidad.



6. CONCLUSIONES

Este Resumen Ejecutivo comprende una descripción de resultados en relación con el denominado “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2, cuyos objetivos fundamentales han sido, en una primera fase 2009-2010: 1) la Caracterización geológica en 3D de estructuras-almacén en una selección de 70 áreas continentales en España, 2) la estimación de la capacidad de almacenamiento de CO₂ de las estructuras anteriores y, 3) la priorización/jerarquización de las mismas según los criterios establecidos por un Panel de Expertos.

1) La Identificación, delimitación y caracterización geológica e hidrogeológica de 70 áreas con 103 estructuras de almacenamiento de CO₂ se ha llevado a cabo mediante una serie de Tareas regionales, por Cuenca Sedimentaria, y de detalle, por estructura-almacén, cuyos resultados se delinean en los apartados 3, 4 y 5 de este Resumen Ejecutivo. La lista completa de productos cartográficos generados se da en el Anexo 2. A nivel de Cuenca, estos productos incluyen mapas de isobatas y de isopacas regionales, a escala 1:400.000, cubriendo más de 200.000 km², de Límites estratigráficos y Discordancias mayores de referencia. A nivel de almacén, la presentación de cada una de las 103 estructuras se efectúa en 5 paneles de los que el Panel 3 contiene las isobatas de los pares almacén/sello, el Panel 4 los modelos 3D, y el Panel 5 los datos petrofísicos, cálculo del volumen y ficha resumen de cada almacén.

2) Se ha estimado la capacidad total de almacenamiento de CO₂ de las 103 estructuras anteriores en 13.4 Gt. Entre los 103 almacenes hay 55 con capacidad de más de 50 Mt de CO₂, capacidad que, en principio, representa una vida útil del almacenamiento suficiente que justifique la inversión que eventualmente se requiera. La ubicación de los 55 almacenes, que suponen 12.1 Gt de capacidad (más del 90% del total) se da en las figuras 9 a 12, donde se indican sus características de Favorabilidad/Fiabilidad (párrafo siguiente).

3) Para el establecimiento de Criterios de jerarquización de estructuras de almacenamiento de CO₂, se creó un Panel de Expertos cuyo funcionamiento (Taller presencial y obtención de consenso Delphi) y objetivos se resumen en el apartado 4.2. El Panel lo compusieron 53 Expertos Presenciales de ámbitos de Ciencias de la Tierra (geología, hidrogeología y recursos) y Socioeconomía - Medio Ambiente, pertenecientes a 33 Instituciones y empresas. Para la caracterización de la Favorabilidad de Almacenes, se establecieron 11 Criterios, 8 de Ciencias de la tierra (calidad de la roca almacén, calidad del sello, capacidad, etc) y 3 Socioambientales, dependientes de un total de 61 Parámetros (pe., la calidad del sello depende de su espesor, litología, homogeneidad, fracturación, etc). Tres circulaciones de formulario bastaron para obtener consenso experto sobre la ponderación de estos Criterios y Parámetros. Aplicando las prioridades de Criterios-Parámetros a las fichas de datos de las 103 estructuras de almacenamiento de CO₂ (panel 5 antes citado) se obtiene la Favorabilidad (0 a 100) o jerarquización de las mismas.

El Panel ha realizado por tanto un ejercicio práctico y estratégico de ordenación de estructuras geológicas para almacenamiento de CO₂, dando credibilidad a la toma de decisiones, y con voluntad de encaje con otras iniciativas públicas o privadas. La priorización ofrecida es fundamentalmente geológica, frente a la socioambiental.

Hay que destacar que el Panel no pretendía obtener un orden rígido de estructuras, de mejor a peor, inadecuado para el nivel de conocimiento del subsuelo del país. Más bien se trataba de conseguir la Priorización grupal estableciendo grupos de almacenes preferentes, frente a otros menos prioritarios. La novedad metodológica ha consistido en que la definición de grupos se ha conseguido mediante la consideración de la Fiabilidad, es decir del tipo y procedencia de las fuentes de información disponible para la delimitación y caracterización geológica, hidrogeológica y petrofísica de estructuras de almacenamiento de CO₂. El panel estableció la ponderación de estas fuentes de información, de manera equivalente a la Favorabilidad: las prioridades y pesos de fiabilidad establecidas para cada parámetro, proporcionan la Fiabilidad (0 a 100) de la información geológica e hidrogeológica disponible de cada sitio estudiado. El análisis FAVORABILIDAD/FIABILIDAD se ha aplicado SÓLO a las 55 estructuras favorables con mayor capacidad de almacenamiento de CO₂.

4) Reuniendo los datos de capacidad, el análisis FAVORABILIDAD/FIABILIDAD, así como la distribución territorial de las estructuras, considerada siempre como criterio adicional, se obtiene la siguiente tabla final de resultados del Plan



ALGECO2, primera fase 2009-2010:

COMUNIDADES AUTÓNOMAS	FAVORABILIDAD-FIABILIDAD				TOTAL (Nº / Gt CO ₂)
	A-A	A-B	B-A	B-B	
ARAGÓN (Nº Estructuras / Capacidad)	3 / 319 Mt	2 / 215 Mt	1 / 57 Mt	2 / 500 Mt	8 / 1.1 Gt
CASTILLA-LEÓN (Nº Estructuras / Capacidad)	4 / 579 Mt	2 / 519 Mt	1 / 169 Mt	10 / 2511	17 / 3.8 Gt
CASTILLA-LA MANCHA (Nº Estructuras / Capacidad)	1 / 50 Mt	3 / 764 Mt	5 / 769 Mt	2 / 621 Mt	11 / 2.2 Gt
C. VALENCIANA/MURCIA (Nº Estructuras / Capacidad)	1 / 366 Mt	2 / 285 Mt	-	2 / 705 Mt	5 / 1.4 Gt
MADRID (Nº Estructuras / Capacidad)	3 / 1443 Mt	-	-	-	3 / 1.4 Gt
Nº Estructuras / Capacidad	12 / 2.8 Gt CO ₂	9 / 1.8 Gt CO ₂	7 / 0.9 Gt CO ₂	16 / 4.3 Gt CO ₂	44 / 9.8 Gt CO ₂

Tabla 18: Tabla de distribución de Capacidades (Mt ó Gt de CO₂) por Comunidades Autónomas y Favorabilidad/Fiabilidad total (A: alta. B: baja; mayor o menor que 70 en ambos casos, sobre 100). CCAA con mayor capacidad de almacenamiento (tabla 17).

Los resultados del Plan ALGECO2, primera fase, expresados en la Tabla 18 merecen un par de observaciones sumarias:

a) 44 de los 55 almacenes con capacidad de más de 50 Mt de CO₂ (9.8 Gt, 81% de la capacidad total de estos almacenes) se ubican en las Comunidades con mayor Capacidad de Almacenamiento (más de una Gigatonelada, tabla 18), a saber: Aragón, Castilla – León, Castilla - La Mancha, C. Valenciana / Murcia, y Madrid. Como se observa, por ejemplo, en las figuras 10 y 11, ello no supone en absoluto distribución territorial concentrada de almacenes de interés, lo que es resultado en buena medida del aspecto estratégico del Plan ALGECO2 de no excluir territorio en absoluto, con independencia de la información de subsuelo disponible.

b) Eran conocidas las posibilidades de almacenamiento que ofrecían diversas estructuras con materiales detríticos y carbonatados tanto del Cretácico de la Cuenca del Duero en Castilla - León, como del Triásico en la Cuenca del Ebro en Aragón, almacenes que están siendo investigados por agentes privados en la actualidad. Los datos de la Tabla 18 en Castilla - La Mancha comprenden un posible complejo de almacenamiento gigante (más de una Gigatonelada), aunque de baja fiabilidad, por la escasa información de subsuelo existente. En la Comunidad Valenciana/Murcia los objetivos de almacenamiento se ubican en el Prebético Jurásico/Cretácico carbonatado; también aquí, salvo un caso, la fiabilidad es baja (pocos sondeos y sismica de mala calidad). Madrid exhibe una posición destacada en la Tabla 18, con dos complejos de almacenamiento favorables en sus inmediaciones (uno al Norte, gigante, y otro al Sur, poco explorado).

5) Es posible orientar los trabajos de detalle a realizar en las mejores estructuras de almacenamiento estudiadas, ya sea en el marco de la iniciativa privada, ya sea en una segunda fase 2010-2011 del “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2, según los criterios de Favorabilidad/Fiabilidad establecidos por el Panel de Expertos y las estimaciones del volumen y rentabilidad de las inversiones requeridas en los trabajos de detalle de que se trate que se mencionan a continuación.

En efecto, si se agrupan verticalmente (por columna estratigráfica) las estructuras de alta Favorabilidad (según los Criterios geológicos establecidos por el Panel de Expertos) de la figura 10, resulta el siguiente cuadro de Complejos de Almacenamiento de capacidad superior a los 200 Mt CO₂, que constituiría el mejor conjunto de posibilidades (14) existente en la España continental según los resultados del Panel:



Complejos Almacenamiento	Fiabilidad	Capacidad (Mt CO ₂)	Capacidad corregida
5 Anticlinales de Alta favorabilidad/Alta fiabilidad			
1. El Campillo	0,85	200	170
2. Maestrazgo (Mirambell-Bobalar)	0,85	250	213
3. Murcia B-1	0,76	300	228
4. Tribaldos (con Tielmes 1 y 2)	0,72	400	288
5. Ebro Central (Monegrillo+Lopín)	0,78	450	351
4 Anticlinales y 1 Sinclinal de Alta favorabilidad/baja fiabilidad			
6. Alto Guadalquivir	0,29	250	73
7. Sinclinal de Pétrola	0,15	250	38
8. Roncal-Illón	0,67	350	235
9. Sierra de Benejama	0,10	350	35
10. Don Juan Oeste	0,56	550	308
4 Grandes monoclinales de Alta favorabilidad/baja fiabilidad			
11. Zona de enlace (Ebro)	0,46	650	299
12. Duero Central	0,37	1000	370
13. Tres Cantos - S. Sebastián Reyes	0,59	1050	620
14. Plataforma Tabular La Mancha	0,52	1150	598

Tabla 19: Tabla de de Capacidades (Mt de CO₂) de los 14 mayores Complejos de Almacenamiento estudiados

La posición de los 14 Complejos de Almacenamiento de la Tabla 19 en el espacio Favorabilidad / Fiabilidad se observa en la figura 15. Aunque las diferencias de favorabilidad son apreciables, no son tan importantes como las diferencias de fiabilidades. Por ello, para hacer realista la comparación de capacidades es necesario la corrección de la Capacidad por la Fiabilidad según el Panel de expertos (Capacidad corregida=Capacidad*Fiabilidad).

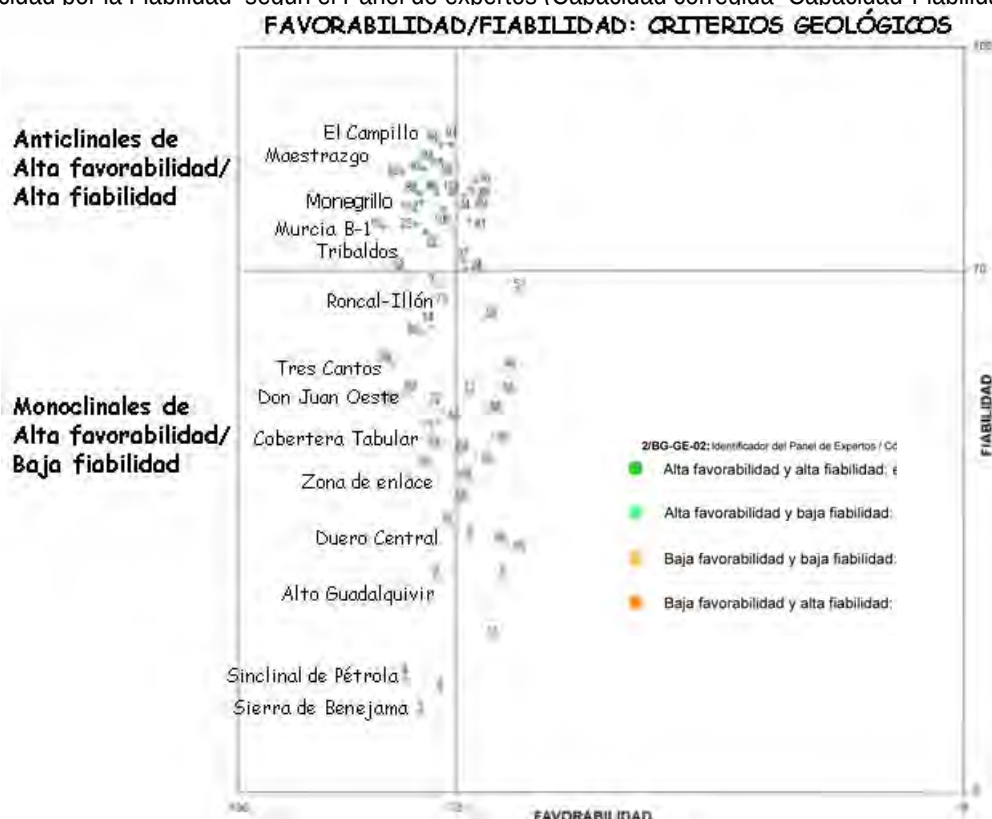


Figura 15. Estructuras geológicas según Favorabilidad / Fiabilidad en geología (Fuente: Panel Expertos)



En la tabla 20 se hace una estimación de la inversión necesaria para abordar estudios de detalle en los 14 Complejos anteriores, consistentes en sísmica 2D (10.000 euros/km) ó 3D (50.000 euros/km²), y sondeo (10⁶ euros/km).

Complejos Almacenamiento	Capacidad Mt CO ₂	Sísmica requerida: 2D (km) / 3D (km ²)	Sondeo (km)	Inversión (M €)	Ratio M Tm / M €
Anticlinales de Alta favorabilidad/fiabilidad					
1. El Campillo	200	35 km ²	-	1,8	97,1
2. Maestrazgo (Mirambell-Bo)	250	45 km ²	-	2,3	94,4
3. Murcia B-1	300	50 km ²	-	2,5	91,2
4. Tribaldos (Tielmes-1 y 2)	400	200 km	1,2	3,2	90,0
5. Ebro Central (Mone.-Lopin)	450	50 km ²	1,3	3,8	92,4
Grandes monoclinales y anticlinales de Alta favorabilidad/baja fiabilidad					
6. Alto Guadalquivir	250	55 km ²	1,3	4,1	17,9
7. Sinclinal de Pétrola	250	250 km	1,8	4,3	8,7
8. Roncal-Illón	350	200 km	1,7	3,7	63,4
9. Sierra de Banejama	350	250 km	1,6	4,1	8,5
10. Don Juan Oeste	550	200 km	1,0	3,0	102,7
11. Zona de enlace	650	250 km	2,0	4,5	66,4
12. Duero Central	1000	300 km	1,0	4,0	92,5
13. Tres Cantos - S. S. Reyes	1050	400 km	1,8	5,8	106,8
14. P. Tabular La Mancha	1150	450 km	0,9	5,4	110,7

Tabla 20: Estimaciones de las inversiones (y de su "rentabilidad exploratoria" en Mt de CO₂ almacenadas por millón de euros invertido en exploración, teniendo en cuenta el factor de fiabilidad) requeridas en los trabajos de detalle de una segunda fase 2010-2011 del Plan ALGECO2 en los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes existentes en España continental.

Finalmente, en la tabla 21 se comparan diversos escenarios de selección de los Complejos de Almacenamiento anteriores en función de la capacidad, inversión necesaria y rentabilidad de la misma

Alternativas	Complejos Almacenamiento	Capacidad Mt	Inversión (M €)	Ratio M Tm / M €
Combinando tres estructuras fiables				
1) Baja Inversión	El Campillo + Maestrazgo + Murcia B1	750	6,6	93,9
2) Proximidad C. Minera/F. Emisión	El Campillo + Maestrazgo + Ebro Central	900	7,8	94,0
3) Máxima capacidad	Tribaldos + Murcia B1 + Ebro Central	1150	9,5	91,3
Combinando dos estructuras fiables con otra de menor fiabilidad				
1) Baja Inversión	El Campillo + Maestrazgo + D. Juan Oeste	1000	7,0	98,6
2) Proximidad C. Minera/F. Emisión	El Campillo + Ebro Central + Z. Enlace	1300	10,6	111,3
4) Máxima capacidad	Tribaldos + Ebro Central + P. Tabular	2000	12,4	99,8
Combinando tres estructuras de menor fiabilidad				
1) Baja Inversión	D. Juan Oeste + Duero Central + Roncal	1900	10,7	108,6
3) Máxima capacidad	Duero Central + Tres Cantos + P. Tabular	3200	15,2	104,4

Tabla 21: Tres escenarios de selección de los 14 mejores Complejos de Almacenamiento analizados (las rentabilidades en Mt de CO₂ almacenadas por millón de euros invertido, se refieren a capacidades teniendo en cuenta el Factor de fiabilidad).

Se observa que, en los tres escenarios de combinación de la Tabla 21, mayores capacidades (solución "más general" versus solución "más local") suponen mayores inversiones, y mayor riesgo, asociado a los grandes monoclinales. En todo caso, las rentabilidades exploratorias pueden calificarse de razonables en cualquier escenario (las rentabilidades financieras



dependen de las estimaciones de costes de emisión que puedan preverse con verosimilitud a largo plazo; si suponemos que éstos se van a mantener en niveles superiores a 30 euros/Tm CO₂, se pueden realizar estimaciones de tasa de rentabilidad TIR a largo plazo que arrojan valores positivos, incluso próximos a los dos dígitos*). En el conjunto de los tres escenarios de la Tabla 21, la opción de menor inversión exploratoria es El Campillo + Maestrazgo + Murcia B1. El Campillo + Maestrazgo + Ebro Central (Palencia/Zaragoza) es la opción de menor inversión y mayor proximidad a Comarcas mineras/Focos de emisión (figura 16), dentro del escenario más fiable. En la Tabla 21, las estructuras más recomendables entre las de menor fiabilidad son D. Juan Oeste + Duero Central + Roncal por menor inversión exploratoria, más Tres Cantos - S. S. Reyes y Plataforma Tabular La Mancha, si se considera también el criterio de capacidad. Como conclusión final, **claramente, los 11 Complejos indicados en la Tabla 21, y en el orden de que se acaba de mencionar según el tipo de de preferencia que se maneje (inversión exploratoria, proximidad, capacidad), constituyen la mejor opción de almacenamiento geológico de CO₂ en la España continental según los resultados del Plan ALGECO2: una solución-país al problema del almacenamiento geológico de CO₂ podría estar constituida por una combinación de 3-4 Complejos de Alta favorabilidad/fiabilidad con otros 3-4 Complejos de Alta favorabilidad/baja fiabilidad.**

6) Para finalizar, destacamos que las tareas realizadas en el denominado “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2, han cubierto los objetivos propuestos en su primera fase 2009-2010, orientando los trabajos a realizar en la 2ª fase del mismo, que incluirán la profundización de estudios de detalle y la extensión del análisis al margen continental Español**. Adicionalmente el desarrollo del Plan ha supuesto: 1) Respecto a la Infraestructura de datos de subsuelo del país: una notable mejora de las bases de datos digitales del subsuelo del IGME (SIGEOF), y 2) La consecución de un buen número de objetivos metodológicos y de capacitación personal, y el reforzamiento de líneas de trabajo innovadoras que el IGME venía abriendo en los últimos años.

*Si se supone un plazo de 5 años para construcción del Complejo, 50 de período de inyección, 20 tras clausura antes de transferencia a la administración: con una inversión de $130 \cdot 10^6$ euros en la construcción, ingresos de $10 \cdot 10^6$ €/año (inyección de $1 \cdot 10^6$ Tm /año a 35 €/Tm CO₂, con costes de captura+transporte= 23 €/Tm, menos $2 \cdot 10^6$ €/año de costes de inyección y monitoreo) durante inyección, y costes de $1.5 \cdot 10^6$ €/año (mantenimiento, monitoreo) antes de transferencia, resulta TIR=8%.

**Como se indicó en el apartado 2. Objetivos generales de este Resumen Ejecutivo, el margen continental se excluyó de la primera fase del Plan ALGECO2 (2009-2010), por razones de viabilidad temporal y presupuestaria, pero quedaba previsto su estudio en el segundo año del Plan (2011-2012), no sólo por completar la revisión de la totalidad de las cuencas del país (principio de no exclusión de territorio) evaluando sus posibilidades de contener almacenes geológicos, sino también porque es sabido, con o sin revisión general, que existen almacenes en el offshore próximo a costa de gran capacidad (figura 17).

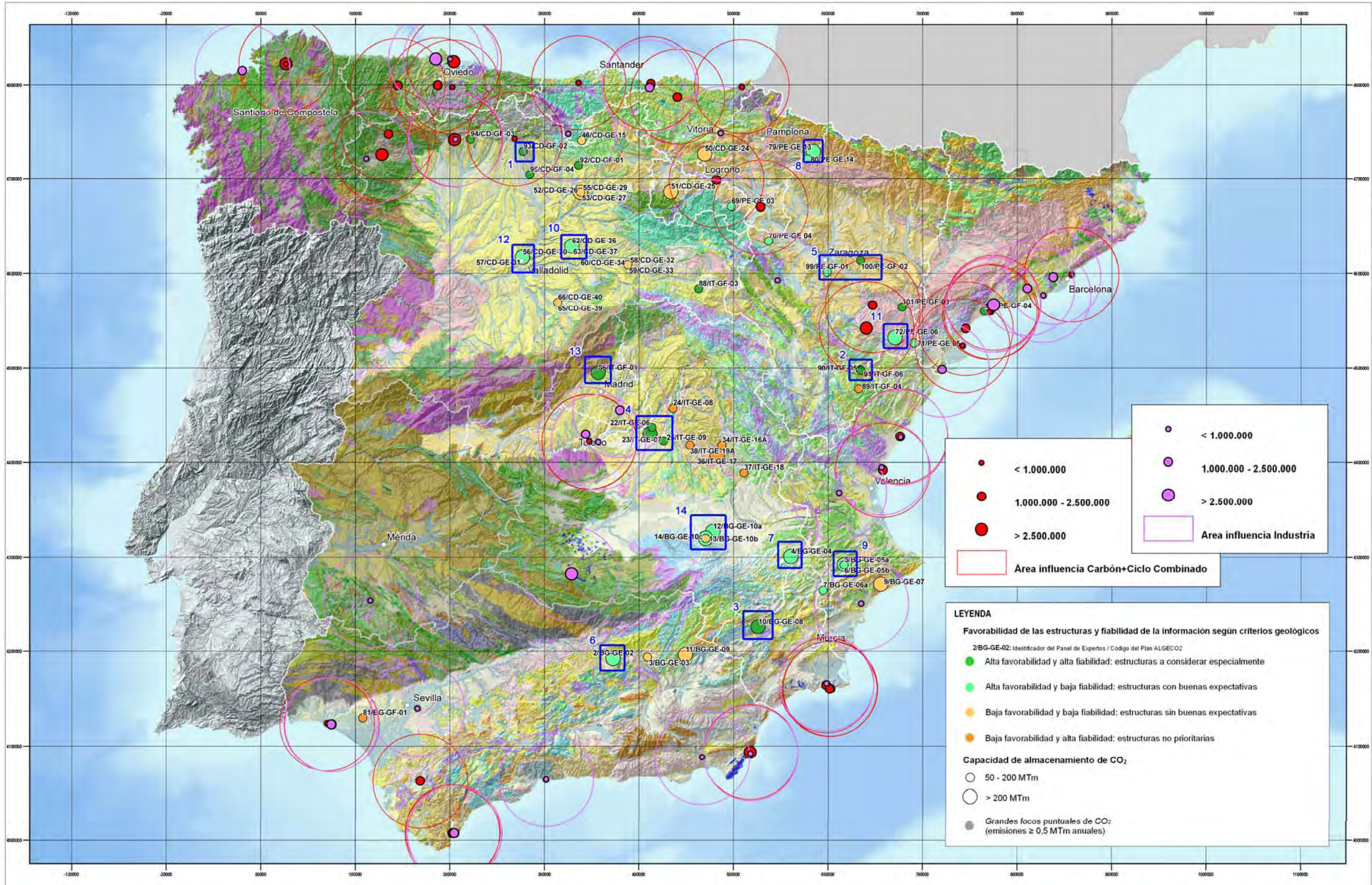
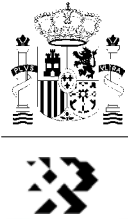


Figura 16. Posición de los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes del Plan ALGECO2 en relación con los principales focos de emisión (Centrales térmicas/Industria y radios de 50 km)

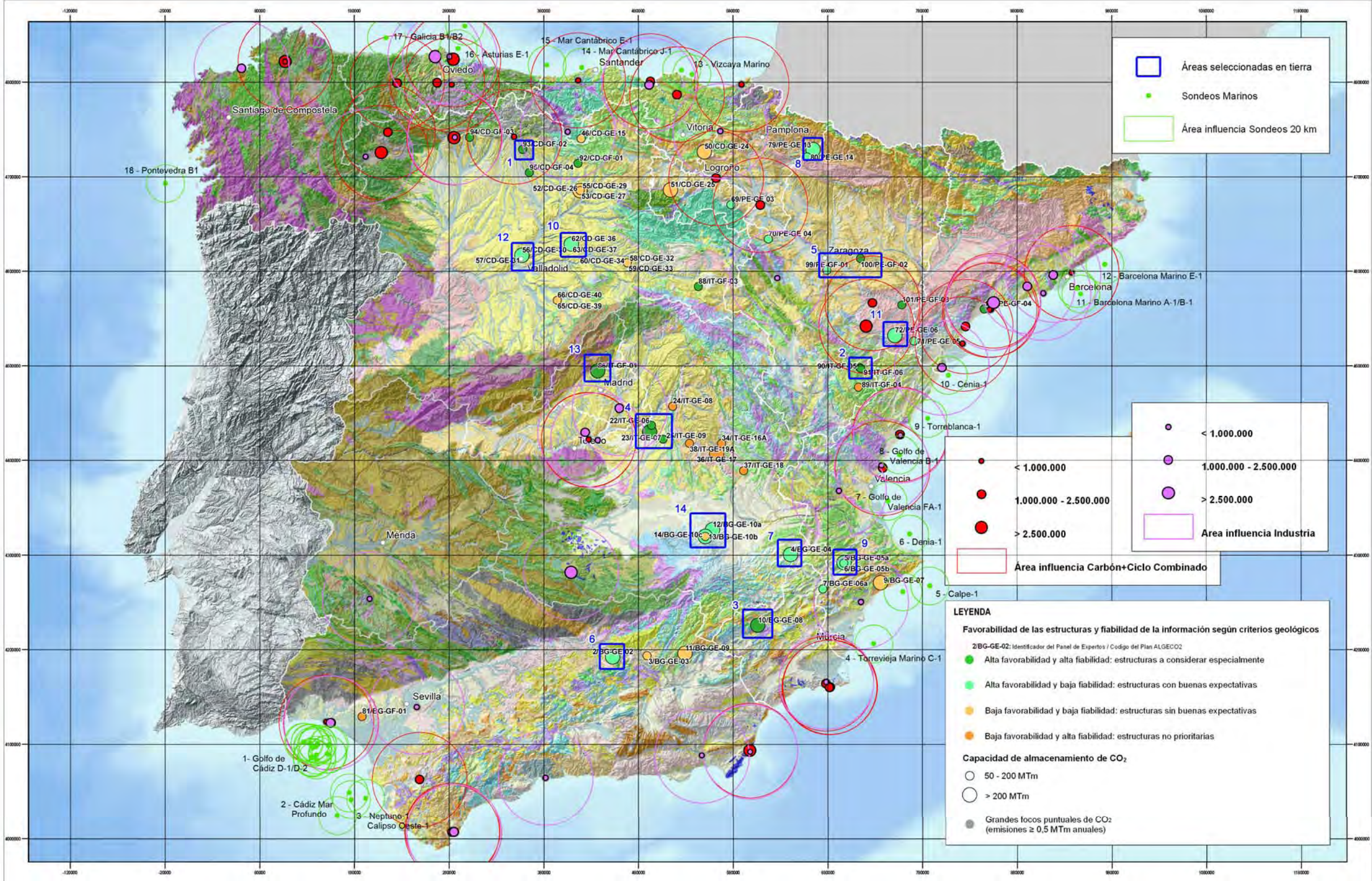


Figura 17. Posición de los 14 Complejos de Almacenamiento preferentes del Plan ALGECO2 en relación con los principales focos de emisión (Centrales térmicas/Industria) y posibilidades de Almacenamiento en el offshore próximo a costa.



Nota final:

La documentación resultante del “Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España”, Plan ALGECO2, se presenta en 11 Volúmenes DIN A3 (Anexo 2), almacenados en el Sistema de Información Documental, SID, del IGME (<http://www.igme.es>), con los siguientes códigos de documento:

	<u>Código SID</u>
Volumen I-1 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero - Geología -	64.044
Volumen I-2 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero - Hidrogeología	64.045
Volumen II-1 – Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro - Geología	64.046
Volumen II-2 – Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro - Hidrogeología	64.047
Volumen III-1 – Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán - Geología	64.048
Volumen III-2 – Cadena Ibérica y Submeseta Meridional - Hidrogeología	64.049
Volumen IV-1 – Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir - Geología	64.050
Volumen IV-2 – Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir - Hidrogeología	64.051
Volumen V – Geología del Subsuelo	64.052
Volumen VI – Sondeos	64.053
Volumen VII - Panel de expertos	64.054



ANEXOS



ANEXO 1. ACREDITACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO DE LOS 11 PROYECTOS DEL PLAN ALGECO2.

Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España 2009-2010

PROYECTO I-1 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero - Geología - **geoprin**

Dirección y Supervisión: Nemesio Heredia Carballo (IGME)
Carmen Rey Moral (IGME)

Jefe de Proyecto: Juan Antonio Gómez Sainz de Aja (GEOPRIN.S.A.)

Equipo de Trabajo: Ricardo Molinero Molinero (SIG) (GEOPRIN.S.A.)
Carlos León Altamirano (GEOPRIN.S.A.)
Antonio Pineda Velasco (EPTISA)
Beatriz Delgado Gordillo (SIG) (EPTISA)

Asesores y Colaboradores: Rafael Varea Nieto (Resp. Geol.) (ICOG)
Javier Álvarez Pulgar (UNIVERSIDAD DE OVIEDO)
Manuel Navas Cernuda (EPTISA)

PROYECTO I-2 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero - Hidrogeología - **TIHGSA**

Dirección y Supervisión: Gerardo Ramos González (IGME)
José Luís García Lobón (IGME)

Jefe de Proyecto: Juan Antonio Navarro Iáñez (TIHGSA)

Equipo de Trabajo: José Sánchez Guzmán (TRT)
Pedro González Vázquez (TIHGSA)
Alfonso Viñuales Guillén (TRT)
David Rubín de Célix Fernández (TIHGSA)
Clara Gabaldón Leal (TIHGSA)

Asesores y Colaboradores: José Luis Herrero (TIHGSA)
Oksana Maslikova (TIHGSA)
Luis Ocaña Robles (TIHGSA)

PROYECTO II-1 – Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro - Geología - **Gessal**

Dirección y Supervisión: Emilio Pueyo Morer (IGME Zaragoza)
José Luis García Lobón (IGME)

Jefe de Proyecto: Juan Pablo Klimowitz Picola (GESSAL)

Equipo de Trabajo: Mario Alcolea Racionero (GESSAL)
Raúl Bastante Abad (GESSAL)
Serafín Escalante García (GESSAL)
Eva Hermida del Caz (GESSAL)
Mario Morante Gutiérrez (GESSAL)



Gonzalo Ruíz Cebrián (GESSAL)
Meritxell Pardos Gené (GESSAL)
Francisco Javier Juez Hervás (GESSAL)

Técnicos Colaboradores: Josep Antoni Muñoz de la Fuente (GEOMODELS)
Joana Mencos (GEOMODELS)
Eduard Roca Abella (GEOMODELS)
Oscar Gratacos Torra (GEOMODELS)
Daniel Adolfo Bello Palacios (GEOMODELS)
Jordi Bausá (GEOMODELS)
Pau Arbués (GEOMODELS)
Alfredo Arche Miralles (Universidad Complutense de Madrid)
Marcos Aurell Cardona (Universidad de Zaragoza)
Ángel Luis Cortés Gracia (Universidad de Zaragoza)
Juan Ignacio Baceta Caballero (Universidad de Bilbao)
Xabier Murelaga Bereicua (Universidad de Bilbao)
Juan Cruz Larrasoaña Gorosquieta (Universidad de Bilbao)

PROYECTO II-2 – Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro - Hidrogeología -



Dirección y Supervisión: Gerardo Ramos González (IGME)
José Manuel Murillo Díaz (IGME)

Jefe de Proyecto: José Oriol Navarro Odriozola (TECNOMA)
Jordi Guimerà Solà (AMPHOS 21)

Equipo de Trabajo: Ana María Martínez López (TECNOMA)
Isabel Villacreces Morillas (TECNOMA)
Raúl Gibés Alemany (TECNOMA)
Ona Cornellà Zamora (AMPHOS 21)
Paolo Trinchero (AMPHOS 21)
Santos Jiménez Parras (AMPHOS 21)

Asesores y Colaboradores: Evaristo del Monte Ramos (TYPESA)

PROYECTO III-1 – Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán - Geología -



Dirección y Supervisión: Fabián Luís López Olmedo (IGME)
Carmen Rey Moral (IGME)

Jefe de Proyecto: Pedro Pablo Hernaiz Huerta (INYPISA)

Equipo de Trabajo: Jose Mediato Arribas (INYPISA)
Carlos Peropadre Medina (INYPISA)
Ona Monleón Gómez (INYPISA)
Sandra García Curiel (INYPISA)
Cristina Horno Kort (INYPISA)
Manuel Gómez Expósito (INYPISA)
Leire Iribarren González (INYPISA)
Fernando Moreno Serrano (INYPISA)



Asesores y Colaboradores: Pedro Huerta Hurtado (Universidad de Salamanca)
Cristina Biete Castells (Universidad de Barcelona/Grupo Geomodels)
Eva Hermida del Caz (Gessal)
Gonzalo Ruiz Cebrián (Gessal)
Juan Jose Gómez Fernández (Universidad Complutense de Madrid)

PROYECTO III-2 – Cadena Ibérica y Submeseta Meridional - Hidrogeología -

Dirección y Supervisión: Miguel Mejías Moreno (IGME)

Jefe de Proyecto: Silverio Casas Ruiz (EPTISA)

Equipo de Trabajo: M^a Teresa Maestro Salmerón (EPTISA)
Eva Lozano Gutiérrez-Ravé (EPTISA)
Loreto Ruiz Herrero (EPTISA)
Beatriz López Rodríguez (EPTISA)

Asesores y Colaboradores: Alberto Batlle Gargallo (EPTISA)
Óscar Blasco Herguedas (EPTISA)

PROYECTO IV-1 – Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir - Geología -

Dirección y Supervisión: Carlos Marín Lechado (IGME)
José Luis García Lobón (IGME)

Jefe de Proyecto: Fernando López Sopeña (CGS)

Equipo de Trabajo: Kilian Motis Rovira (CGS)
Julián Huerta Carmona (CGS)
J.J. Navarro Juli (CGS)

Asesores y Colaboradores: Wenceslao Martínez del Olmo
Juan Plaza Hernando
José Manuel Portero García

PROYECTO IV-2 – Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir - Hidrogeología -

Dirección y Supervisión: Miguel Mejías Moreno (IGME)

Jefe de Proyecto: José Luis Armayor Cachero (IDRENA)

Equipo de Trabajo: Luis Ángel González Fernández (IDRENA)
Jesús Meilán Paz (INFRAECO)
Cristina Serrano Gallar (IDRENA)
Sergio Chaver González (IDRENA)
Cristina de la Torre García (IDRENA)

Asesores y Colaboradores: Enrique Oromendía de la Fuente
José Sánchez Guzmán



PROYECTO V – Geología del Subsuelo

Dirección y Supervisión: José Luis García Lobón (IGME)
Juliana Marín León (IGME)
María Isabel Reguera García (IGME)
Israel Pérez Ortiz (IGME)

Jefe de Proyecto: Enrique Hernández Parras (GESSAL)

Equipo de Trabajo: Juan Klimowitz Pícola (GESSAL)
Gonzalo Ruiz Cebrián (GESSAL)
Magdalena Vicente Corchete (GESSAL)
Eva Hermida del Caz (GESSAL)
Serafín Escalante García (GESSAL)
Inés Macías Martín (GESSAL)
Mario Alcolea Racionero (GESSAL)
Raúl Bastante Abad (GESSAL)
Mario Morante Gutiérrez (GESSAL)
Lucía Plaza de Frutos (GESSAL)
Susana Jiménez García (GESSAL)
Carmen Prieto Asensio (GESSAL)
Hermenegildo Vara Coomonte (GESSAL)
Francisco Javier Juez Hervás (GESSAL)
Miren Fernández Álvarez (GESSAL)

PROYECTO VI – Sondeos

Dirección y Supervisión: Roberto Martínez Orío (IGME)
Isabel Suárez Díaz (IGME)

Jefe de Proyecto: Mariano Álvaro López (CGS)

Equipo de Trabajo: Miguel Mejías Moreno (IGME)
Rafael Ochando Jiménez (IGME)
José María Durán Peña (IGME)
Julián Huerta Carmona (CGS)
José Luengo García (CGS)
Elena Rodríguez Alfonso (CGS)
Miguel Romero Berges (CGS)
José Luis Bardón Diego (CGS)
Julián Ferreiro Rico (CGS)
Marius Georgel Pop (CGS)
Carmelo Nieto Esquilas (CGS)
Manuel Tejado Romero (CGS)
José María Rey Arias (CGS)

Asesores y Colaboradores: Luis Budía Díaz (CIESM)
Sira Antolin Labanda (CIESM)



PROYECTO VII – Panel de Expertos



Dirección y Supervisión: José Luis García Lobón (IGME)
Vicente Gabaldón López (IGME)
María Isabel Reguera García (IGME)

Jefe de Proyecto: Joan Solà Subiranas (GEOSERVEI)
Coordinación de Proyecto: Montserrat Ventura Pujolar (GEOSERVEI)

Equipo de Trabajo: Pere Pons Mir (GEOSERVEI)
Anna Pibernat Reixach (GEOSERVEI)
Carles Bayés Bruñol (GEOSERVEI)
Montserrat Hervás Sánchez (GEOSERVEI)
Juan Manuel López López (GEOSERVEI)
Susanna Figueras Puig (GEOSERVEI)
Eduard Romero Carreras (GEOSERVEI)
Ester Batlle Genís (GEOSERVEI)

Asesores y Colaboradores: Wenceslao Martínez del Olmo

El cuadro de Empresas/Equipos de Proyecto del Plan ALGECO2 resultante es el siguiente:

Proyecto		Contratista / Jefe Proyecto	Equipo	Nº Colaboradores/ Asesor principal	Supervisores IGME
Cantábrica-Duero (geología)		Geoprin / Juan Antonio Gómez Sainz	5	3 / Rafael Varea Nieto	Nemesio Heredia Carballo / Carmen Rey Moral
Cantábrica-Duero (hidrogeología)		Tihgsa-Trt / Juan Antonio Navarro Iáñez	6	3 / José Sánchez Guzmán	Gerardo Ramos González / José Luis
Pirineo-Ebro (geología)		Gessal / Juan Klimowitz Pícola	9	13 / Josep Antoni Muñoz Fuente	Emilio Pueyo Morer / José Luis García Lobón
Pirineo-Ebro (hidrogeología)		Tecnomia - Amphos 21/ Oriol Navarro; Jordi Guimerà	8	1. / -	Gerardo Ramos González / José Manuel Murillo Díaz
Ibérica-Tajo (geología)		Inypsa. / Pedro Pablo Hernaiz Huerta	9	5 / Juan Jose Gómez	Fabián Luís López Olmedo / Carmen Rey Moral
Ibérica-Tajo (hidrogeología)		Eptisa. / Silverio Casas Ruiz	5	2. / Alberto Batlle Garrallo	Miguel Mejías Moreno
Béticas-Guadalquivir (geología)		Cgs. / José Manuel Portero García	4	3. / Wenceslao Martínez del Olmo	Carlos Marín Lechado / José Luis García Lobón
Béticas-Guadalquivir (hidrogeología)		Idrena / José Luis Armayor Cachero	6	2 / José Sánchez Guzmán	Miguel Mejías Moreno
Geofísica		Gessal / Enrique Hernández Parras	16	-	José Luis García Lobón / Juliana Martín León / Isabel Reguera García / Israel Pérez
Sondeos		Cgs / Mariano Álvaro López	12	5 / Luis Budía Díaz	Roberto Martínez Orío / Isabel Suárez Díaz
Panel de expertos		Geoservei / Joan Solà Subiranas	10	1 / Wenceslao Martínez del Olmo	José Luis García Lobón / Vicente Gabaldón López /
TOTALES	11	13	90	38	16



ANEXO 2. ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LOS 11 PROYECTOS DEL PLAN ALGECO2.

Plan de selección y caracterización de áreas y estructuras favorables para el Almacenamiento Geológico de CO₂ en España 2009-2010.

VOLUMEN I – 1 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Geología –

SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN ESPAÑA

VOLUMEN I-1 CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO - GEOLOGÍA -

MAPA GUÍA INICIAL MAPA GEOLOGICO REGIONAL 1:400.000 Leyenda del Mapa Geológico Regional MAPA GEOLOGICO DE SINTESIS 1:400.000 MAPAS DE ISOBATAS Isobatas Límite Basemento/Venico/Cobertora-Inclinadas Isobatas Límite Basemento/Venico/Cobertora-Masa Color Isobatas Límite Basemento/Venico/Cobertora-Superficie (centro) Isobatas Cobertora sobre Zócalo Isobatas Límite Triásico/Suprayacente Cantábrica-Inclinadas Isobatas Límite Triásico/Suprayacente Duero-Inclinadas Isobatas Límite Triásico/Suprayacente Cantábrica-Masa color Isobatas Límite Triásico/Suprayacente Duero-Masa color Isobatas Límite Triásico/Suprayacente (centro) Cantábrica Isobatas Límite Triásico/Suprayacente (centro) Duero Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Cantábrica-Inclinadas Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Duero-Inclinadas Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Cantábrica-Masa color Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Duero-Masa color Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Superficie (centro) Cantábrica Isobatas Límite Jurásico/Suprayacente Superficie (centro) Duero Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Cantábrica-Inclinadas Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Duero-Inclinadas Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Cantábrica-Masa Color Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Duero-Masa Color Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Superficie(centro) Cantábrica Isobatas Límite Purbach/Wald/Suprayacente Superficie(centro) Duero Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Cantábrica-Inclinadas Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Duero-Inclinadas Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Cantábrica-Masa Color Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Duero-Masa Color Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Superficie(centro) Cantábrica Isobatas Límite Fm. Utrillas/Suprayacente Superficie(centro) Duero Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Cantábrica-Inclinadas Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Duero-Inclinadas Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Cantábrica-Masa Color Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Duero-Masa Color Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Superficie(centro) Cantábrica Isobatas Límite Cretácico/Suprayacente Superficie(centro) Duero	 CD-GE-00-00-00-00 CD-GE-01-00-00-00 CD-GE-01-00-01-00 CD-GE-02-00-00-00 CD-GE-03-00-01-01 CD-GE-03-00-01-02 CD-GE-03-00-01-03 CD-GE-03-00-01-00 CD-GE-03-01-02-01 CD-GE-03-02-02-01 CD-GE-03-01-02-02 CD-GE-03-02-02-02 CD-GE-03-01-02-03 CD-GE-03-02-02-03 CD-GE-03-01-03-01 CD-GE-03-02-03-01 CD-GE-03-01-03-02 CD-GE-03-02-03-02 CD-GE-03-01-03-03 CD-GE-03-02-03-03 CD-GE-03-01-04-01 CD-GE-03-02-04-01 CD-GE-03-01-04-02 CD-GE-03-02-04-02 CD-GE-03-01-04-03 CD-GE-03-02-04-03 CD-GE-03-01-05-01 CD-GE-03-02-05-01 CD-GE-03-01-05-02 CD-GE-03-02-05-02 CD-GE-03-01-06-01 CD-GE-03-02-06-01 CD-GE-03-01-06-02 CD-GE-03-02-06-02 CD-GE-03-01-06-03 CD-GE-03-02-06-03	MAPAS DE ISOPACAS Isopacas Triásico Cantábrica-Inclinadas Isopacas Triásico Duero-Inclinadas Isopacas Triásico Cantábrica-Masa color Isopacas Triásico Duero-Masa color Isopacas Jurásico Cantábrica-Inclinadas Isopacas Jurásico Duero-Inclinadas Isopacas Jurásico Cantábrica-Masa color Isopacas Jurásico Duero-Masa color Isopacas Purbach/Wald Cantábrica-Inclinadas Isopacas Purbach/Wald Duero-Inclinadas Isopacas Purbach/Wald Cantábrica-Masa color Isopacas Purbach/Wald Duero-Masa color Isopacas Fm. Utrillas Cantábrica-Inclinadas Isopacas Fm. Utrillas Duero-Inclinadas Isopacas Fm. Utrillas Duero-Masa color Isopacas Fm. Utrillas Duero-Masa color Isopacas Cretácico Cantábrica-Inclinadas Isopacas Cretácico Duero-Inclinadas Isopacas Cretácico Cantábrica-Masa color Isopacas Cretácico Duero-Masa color CORTES GEOLOGICOS REGIONALES ASTURAS-1 y ASTURAS-2 CABUENGA-1 y CABUENGA-2 SANT ANDER-1 y SANT ANDER-2 VASCO-CANTÁBRICA-1 VASCO-CANTÁBRICA-2 VASCO-CANTÁBRICA-3 VASCO-CANTÁBRICA-4 VASCO-CANTÁBRICA-5 VASCO-CANTÁBRICA-6 DUERO-1 DUERO-2 DUERO-3 DUERO-4, DUERO-5 Y RIOJA-1	 CD-GE-04-01-01-01 CD-GE-04-02-01-01 CD-GE-04-01-01-02 CD-GE-04-02-01-02 CD-GE-04-01-02-01 CD-GE-04-02-02-01 CD-GE-04-01-02-02 CD-GE-04-02-02-02 CD-GE-04-01-03-01 CD-GE-04-02-03-01 CD-GE-04-01-03-02 CD-GE-04-02-03-02 CD-GE-04-01-04-01 CD-GE-04-02-04-01 CD-GE-04-01-04-02 CD-GE-04-02-04-02 CD-GE-04-01-05-01 CD-GE-04-02-05-01 CD-GE-04-01-05-02 CD-GE-04-02-05-02 Ord Cantá CD-GE-05-00-00-00 CD-OR-01 CD-OR-01 CD-OR-02 CD-OR-03 CD-OR-02 CD-OR-03 CD-OR-02 CD-OR-03 CD-OR-04 CD-OR-04 CD-OR-05 CD-OR-06 CD-OR-07 CD-OR-08 CD-OR-09
--	--	--	--



VOLUMEN I – 1 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Geología –

SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS
FAVORABLES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EN ESPAÑA

VOLUMEN I-1
CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO
- GEOLOGÍA -

MAPA SITUACIÓN SONDEOS Y LINEAS SÍSMICAS

CD-GE-06-00-00-00

TABLA DE PARES DE FORMACIONES ALMACÉN-SELLO

CD-GE-07-00-01-00
CD-GE-07-00-02-00
CD-GE-07-00-03-00

TIPOS DE ESTRUCTURAS

CD-GE-08-01-00-00
CD-GE-08-02-00-00

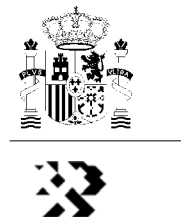
MAPA DE ÁREAS Y ZONAS FAVORABLES

CD-GE-09-00-00-00

PANELES DE CORRELACIÓN

PANEL DE CORRELACIÓN CUENCA CANTÁBRICA
PANEL DE CORRELACIÓN CUENCA DEL DUERO

CD-GE-10-01-00-00
CD-GE-10-02-00-00



VOLUMEN I – 1 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Geología –

VOLUMEN I-1
CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO
- GEOLOGÍA -

RIOJA NORTE CD-GE-25		CENTRO MERIDIONAL (UTRILLAS) CD-GE-31			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-25-GEOL-01-00	MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-31-GEOL-01-00		
	CD-GE-25-GEOL-02-01	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-31-GEOL-02-01		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-25-GEOL-02-02		CD-GE-31-GEOL-02-02		
	CD-GE-25-GEOL-02-03	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-31-GEOL-03-00		
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-25-GEOL-02-04	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-31-GEOL-04-00		
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-25-GEOL-03-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-31-GEOL-05-00		
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-25-GEOL-04-00	DON JUAN OESTE (CRETÁCICO SUPERIOR) CD-GE-32		DON JUAN OESTE (UTRILLAS) CD-GE-37	
IGLESIAS (CRETÁCICO SUPERIOR) CD-GE-26		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-32-GEOL-01-00	MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-37-GEOL-01-00
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-26-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-32-GEOL-02-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-37-GEOL-02-02
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-26-GEOL-02-01	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-32-GEOL-03-00	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-37-GEOL-03-00
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-26-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-32-GEOL-04-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-37-GEOL-04-00
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-26-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-32-GEOL-05-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-37-GEOL-05-00
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-26-GEOL-05-00	DON JUAN OESTE (BUNTSANDSTEIN) CD-GE-38		DON JUAN OESTE (BUNTSANDSTEIN) CD-GE-38	
IGLESIAS (UTRILLAS) CD-GE-27		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-38-GEOL-01-00	MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-38-GEOL-01-00
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-27-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-38-GEOL-02-01	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-38-GEOL-02-02
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-27-GEOL-02-01	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-38-GEOL-03-00	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-38-GEOL-03-00
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-27-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-38-GEOL-04-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-38-GEOL-04-00
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-27-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA		SANTA M^a LA REAL DE NIEVA (CRETÁCICO SUPERIOR) CD-GE-39	
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-27-GEOL-05-00	DON JUAN OESTE (JURÁSICO) CD-GE-34		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-39-GEOL-01-00
IGLESIAS (JURÁSICO) CD-GE-28		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-34-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-39-GEOL-02-00
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-28-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-34-GEOL-02-00	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-39-GEOL-03-00
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-28-GEOL-02-01	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-34-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-39-GEOL-04-00
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-28-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-34-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-39-GEOL-05-00
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-28-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-34-GEOL-05-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-39-GEOL-05-00
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-28-GEOL-05-00	DON JUAN OESTE (BUNTSANDSTEIN) CD-GE-35		SANTA M^a LA REAL DE NIEVA (UTRILLAS) CD-GE-40	
IGLESIAS (BUNTSANDSTEIN) CD-GE-29		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-35-GEOL-01-00	MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-40-GEOL-01-00
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-29-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-35-GEOL-02-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-40-GEOL-02-00
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-29-GEOL-02-01	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-35-GEOL-03-00	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-40-GEOL-03-00
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-29-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-35-GEOL-04-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-40-GEOL-04-00
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-29-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-35-GEOL-05-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-40-GEOL-05-00
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-29-GEOL-05-00	DON JUAN OESTE (CRETÁCICO SUPERIOR) CD-GE-36			
CENTRO MERIDIONAL (CRETÁCICO SUPERIOR) CD-GE-30		MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-36-GEOL-01-00		
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-30-GEOL-01-00	CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-36-GEOL-02-01		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-30-GEOL-02-01		CD-GE-36-GEOL-02-02		
MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-30-GEOL-02-02	MAPAS DE ISOBATAS E ISOPACAS	CD-GE-36-GEOL-03-00		
MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-30-GEOL-03-00	MODELO DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA EN 3D	CD-GE-36-GEOL-04-00		
TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-30-GEOL-04-00	TABLA RESUMEN DE LOS ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA	CD-GE-36-GEOL-05-00		



VOLUMEN I – 1 Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Geología –

VOLUMEN I-1
CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO
- GEOLOGÍA -

ENTRANTE DE CABUÉRNIGA CD-GE-01			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-01-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-01-GEOL-02-00		
ZONA DE ANCILLO CD-GE-06			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-06-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-06-GEOL-02-00		
ANTICLINORIO DE BILBAO CD-GE-08			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-08-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-08-GEOL-02-01		
	CD-GE-08-GEOL-02-02		
ANTICLINORIO DE BILBAO CD-GE-09			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-09-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-09-GEOL-02-01		
	CD-GE-09-GEOL-02-02		
SINCLINORIO DE VZCAYA CD-GE-10			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-10-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-10-GEOL-02-01		
	CD-GE-10-GEOL-02-02		
	CD-GE-10-GEOL-02-03		
SINCLINORIO DE VZCAYA CD-GE-11			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-11-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-11-GEOL-02-01		
	CD-GE-11-GEOL-02-02		
	CD-GE-11-GEOL-02-03		
SINCLINORIO DE VZCAYA CD-GE-12			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-12-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-12-GEOL-02-01		
	CD-GE-12-GEOL-02-02		
	CD-GE-12-GEOL-02-03		
SINCLINORIO DE VZCAYA CD-GE-13			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-13-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-13-GEOL-02-01		
	CD-GE-13-GEOL-02-02		
	CD-GE-13-GEOL-02-03		
BANDA PLEGADA DE UBIERNA CD-GE-16			
MAPA GEOLÓGICO	CD-GE-16-GEOL-01-00		
CORTES GEOLÓGICOS	CD-GE-16-GEOL-02-01		
	CD-GE-16-GEOL-02-02		
	CD-GE-16-GEOL-02-03		
BANDA PLEGADA DE UBIERNA CD-GE-17			
MAPA GEOLÓGICO		CD-GE-17-GEOL-01-00	
CORTES GEOLÓGICOS		CD-GE-17-GEOL-02-01	
		CD-GE-17-GEOL-02-02	
		CD-GE-17-GEOL-02-03	
BANDA PLEGADA DE UBIERNA CD-GE-18			
MAPA GEOLÓGICO		CD-GE-18-GEOL-01-00	
CORTES GEOLÓGICOS		CD-GE-18-GEOL-02-01	
		CD-GE-18-GEOL-02-02	
		CD-GE-18-GEOL-02-03	
BANDA PLEGADA DE UBIERNA CD-GE-19			
MAPA GEOLÓGICO		CD-GE-19-GEOL-01-00	
CORTES GEOLÓGICOS		CD-GE-19-GEOL-02-01	
		CD-GE-19-GEOL-02-02	
		CD-GE-19-GEOL-02-03	
BANDA PLEGADA DE UBIERNA CD-GE-22			
MAPA GEOLÓGICO		CD-GE-22-GEOL-01-00	
CORTES GEOLÓGICOS		CD-GE-22-GEOL-02-01	
		CD-GE-22-GEOL-02-02	
		CD-GE-22-GEOL-02-03	



VOLUMEN I – 2 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Hidrogeología –

VOLUMEN I-2 CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO - HIDROGEOLOGÍA -

MAPAS FASE REGIONAL

ÍNDICE DE MAPAS:

CD-HI-01-00-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES

CD-HI-01-01-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-01-02-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DUERO).

CD-HI-02-00-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m

CD-HI-02-01-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-02-02-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DOMINIO HIDROGEOLÓGICO DUERO NOROCCIDENTAL. Región de Esla).

CD-HI-02-03-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DOMINIO HIDROGEOLÓGICO DUERO NOROCCIDENTAL. Pisuerga-Aranda).

CD-HI-02-04-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DOMINIO HIDROGEOLÓGICO ALTO DUERO. Almazán-Soria).

CD-HI-02-05-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DOMINIO HIDROGEOLÓGICO DUERO SUROCCIDENTAL. Segovia-Arenales).

CD-HI-02-06-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300m (DOMINIO HIDROGEOLÓGICO DUERO SUROCCIDENTAL. Salamanca-Ciudad Rodrigo).

CD-HI-03-00-00-00. MAPA DE SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS.

CD-HI-03-01-00-00. MAPA DE SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-03-02-00-00. MAPA DE SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DUERO).

CD-HI-04-00-00-00. MAPA DE PIEZOMETRÍA DE MAYO DE 2008.

CD-HI-05-00-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD.

CD-HI-05-01-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-05-02-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA DUERO).

CD-HI-05-00-00-00. MAPA DE EXPLOTABILIDAD.

CD-HI-07-00-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.

CD-HI-08-01-01-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO (SÍNTESIS GEOLÓGICA CRETÁCICO SUPERIOR) (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-08-01-02-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO (CRETÁCICO INFERIOR, Aptense-Albense) (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-08-01-03-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO (TECHO JURÁSICO-CRETÁCICO INFERIOR, Purbeck-Weald).

CD-HI-08-01-04-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO (JURÁSICO, Lias-Dogger) (DEMARCAÇÃO HIDROGRÁFICA VASCO CANTÁBRICA).

CD-HI-08-02-01-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO (ALMACENES DE FINOS EN EL CRETÁCICO).

CD-HI-09-00-00-00. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PROFUNDO DE CO₂ EN EL DOMINIO VASCO CANTÁBRICO. ÁREAS DE INTERÉS.



VOLUMEN I – 2 – Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero – Hidrogeología –

VOLUMEN I-2 CADENA CANTÁBRICA Y CUENCA DEL DUERO - HIDROGEOLOGÍA -

MAPAS FASE DE DETALLE. ESTRUCTURAS

ÍNDICE DE MAPAS:

CD-GE-02/HIDR-01-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (LIÁS). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-02/HIDR-02-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (LIÁS). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-02/HIDR-03-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (LIÁS). TABLA RESUMEN

CD-GE-03/HIDR-01-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (BUNT). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-03/HIDR-02-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (BUNT). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-03/HIDR-03-00. PLATAFORMA DE CABUERNIGA (BUNT). TABLA RESUMEN

CD-GE-04/HIDR-01-00. MATIENZO (LIÁS). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-04/HIDR-02-00. MATIENZO (LIÁS). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-04/HIDR-03-00. MATIENZO (LIÁS). TABLA RESUMEN

CD-GE-05/HIDR-01-00. MATIENZO (BUNT). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-05/HIDR-02-00. MATIENZO (BUNT). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-05/HIDR-03-00. MATIENZO (BUNT). TABLA RESUMEN

CD-GE-07/HIDR-01-00. ANCILLO (BUNT). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-07/HIDR-02-00. ANCILLO (BUNT). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-07/HIDR-03-00. ANCILLO (BUNT). TABLA RESUMEN

CD-GE-14/HIDR-01-00. OESTE DE POLIENTES (LIÁS). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-14/HIDR-02-00. OESTE DE POLIENTES (LIÁS). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-14/HIDR-03-00. OESTE DE POLIENTES (LIÁS). TABLA RESUMEN

CD-GE-15/HIDR-01-00. OESTE DE POLIENTES (BUNT). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-15/HIDR-02-00. OESTE DE POLIENTES (BUNT). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-15/HIDR-03-00. OESTE DE POLIENTES (BUNT). TABLA RESUMEN

CD-GE-20/HIDR-01-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (LIÁS). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-20/HIDR-02-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (LIÁS). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-20/HIDR-03-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (LIÁS). TABLA RESUMEN

CD-GE-21/HIDR-01-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (BUNT). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-21/HIDR-02-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (BUNT). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-21/HIDR-03-00. BANDA PLEGADA DE UBIERNA (BUNT). TABLA RESUMEN

CD-GE-23/HIDR-01-00. MONTES ORABANES (UTRILLAS). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-23/HIDR-02-00. MONTES ORABANES (UTRILLAS). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-23/HIDR-03-00. MONTES ORABANES (UTRILLAS). TABLA RESUMEN

CD-GE-24/HIDR-01-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA NORTE. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-24/HIDR-02-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA NORTE. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-24/HIDR-03-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA NORTE. TABLA RESUMEN

CD-GE-25/HIDR-01-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA SUR. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-25/HIDR-02-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA SUR. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-25/HIDR-03-00. CORREDOR TERCARIO DE LA RIOJA SUR. TABLA RESUMEN

CD-GE-26/HIDR-01-00. IGLESIAS. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-26/HIDR-02-00. IGLESIAS. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-26/HIDR-03-00. IGLESIAS. TABLA RESUMEN

CD-GE-30/HIDR-01-00. DUERO CENTRO MERIDIONAL (CRETÁCICO SUPERIOR). MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-30/HIDR-02-00. DUERO CENTRO MERIDIONAL (CRETÁCICO SUPERIOR). CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-30/HIDR-03-00. DUERO CENTRO MERIDIONAL (CRETÁCICO SUPERIOR). TABLA RESUMEN

CD-GE-32/HIDR-01-00. DON JUAN ESTE. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-32/HIDR-02-00. DON JUAN ESTE. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-32/HIDR-03-00. DON JUAN ESTE. TABLA RESUMEN

CD-GE-36/HIDR-01-00. DON JUAN OESTE. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-36/HIDR-02-00. DON JUAN OESTE. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-36/HIDR-03-00. DON JUAN OESTE. TABLA RESUMEN

CD-GE-39/HIDR-01-00. HONRUBIA-NEIVA. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GE-39/HIDR-02-00. HONRUBIA-NEIVA. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GE-39/HIDR-03-00. HONRUBIA-NEIVA. TABLA RESUMEN

CD-GF-01/HIDR-01-00. SAN PEDRO. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-01/HIDR-02-00. SAN PEDRO. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA/FUNCIONAMIENTO
CD-GF-01/HIDR-03-00. SAN PEDRO. TABLA RESUMEN

CD-GF-02/HIDR-01-00. EL CAMPILLO. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-02/HIDR-02-00. EL CAMPILLO. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA/FUNCIONAMIENTO
CD-GF-02/HIDR-03-00. EL CAMPILLO. TABLA RESUMEN

CD-GF-03/HIDR-01-00. BOÑAR. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-03/HIDR-02-00. BOÑAR. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA/FUNCIONAMIENTO
CD-GF-03/HIDR-03-00. BOÑAR. TABLA RESUMEN

CD-GF-04/HIDR-01-00. VILLAMERIEL. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-04/HIDR-02-00. VILLAMERIEL. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA/FUNCIONAMIENTO
CD-GF-04/HIDR-03-00. VILLAMERIEL. TABLA RESUMEN

CD-GF-05/HIDR-01-00. HONTOMÍN. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-05/HIDR-03-00. HONTOMÍN. TABLA RESUMEN

CD-GF-06/HIDR-01-00. AÑASTRO-MIRANDA. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-06/HIDR-03-00. AÑASTRO-MIRANDA. TABLA RESUMEN

CD-GF-07/HIDR-01-00. RIBERO. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
CD-GF-07/HIDR-02-00. RIBERO. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
CD-GF-07/HIDR-03-00. RIBERO-MIRANDA. TABLA RESUMEN

IT-GE-10/HIDR-01-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 1. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
IT-GE-10/HIDR-02-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 1. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
IT-GE-10/HIDR-03-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 1. TABLA RESUMEN

IT-GE-11/HIDR-01-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 2. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
IT-GE-11/HIDR-02-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 2. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
IT-GE-11/HIDR-03-00. ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 2. TABLA RESUMEN

IT-GE-12/HIDR-01-00. GORMAZ. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
IT-GE-12/HIDR-02-00. GORMAZ. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
IT-GE-12/HIDR-03-00. GORMAZ. TABLA RESUMEN

IT-GE-13/HIDR-01-00. BURGO DE OSMÁ. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
IT-GE-13/HIDR-02-00. BURGO DE OSMÁ. CORTES HIDROGEOLÓGICOS/FUNCIONAMIENTO
IT-GE-13/HIDR-03-00. BURGO DE OSMÁ. TABLA RESUMEN

IT-GF-03/HIDR-01-00. ALMAZÁN MERIDIONAL. MAPA HIDROGEOLÓGICO/FIGURAS DE PROTECCIÓN
IT-GF-03/HIDR-02-00. ALMAZÁN MERIDIONAL. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA/FUNCIONAMIENTO
IT-GF-03/HIDR-03-00. ALMAZÁN MERIDIONAL. TABLA RESUMEN



VOLUMEN II – 1 Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro – Geología –

VOLUMEN II-1 CADENA PIRENAICA Y CUENCA DEL EBRO - GEOLOGÍA -

ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LA FASE REGIONAL

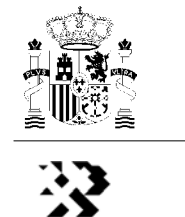
0. Mapa Geológico General de España / PE-GE-00-00-00-00
1. Mapa Geológico Regional / PE-GE-01-00-01-00
 - 1.1. Leyenda del Mapa Geológico Regional / PE-GE-01-00-02-00
2. Mapa Geológico de Síntesis / PE-GE-02-00-00-00
3. Mapas de Isobatas
 - 3.1. Isobatas Límite Basamento Varisco/Cobertera-Isolíneas / PE-GE-03-00-01-01
 - 3.2. Isobatas Límite Basamento Varisco/Cobertera-Masa color / PE-GE-03-00-01-02
 - 3.3. Isobatas Límite Basamento Varisco/Cobertera-Mapa sombras / PE-GE-03-00-01-03
 - 3.4. Isobatas Techo Triásico-Isolíneas / PE-GE-03-00-02-01
 - 3.5. Isobatas Techo Triásico-Masa color / PE-GE-03-00-02-02
 - 3.6. Isobatas Techo Triásico-Mapa sombras / PE-GE-03-00-02-03
 - 3.7. Isobatas Techo del Lias-Isolíneas / PE-GE-03-00-03-01
 - 3.8. Isobatas Techo del Lias-Masa color / PE-GE-03-00-03-02
 - 3.9. Isobatas Techo del Lias-Mapa sombras / PE-GE-03-00-03-03
 - 3.10. Isobatas Límite Terciario/Infrayacente-Isolíneas / PE-GE-03-00-04-01
 - 3.11. Isobatas Límite Terciario/Infrayacente-Masa color / PE-GE-03-00-04-02
 - 3.12. Isobatas Límite Terciario/Infrayacente-Mapa sombras / PE-GE-03-00-04-03
4. Mapa de Isopacas
 - 4.1. Isopacas Buntsandstein-Isolíneas / PE-GE-04-00-01-01
 - 4.2. Isopacas Buntsandstein-Masa color / PE-GE-04-00-01-02
 - 4.3. Isopacas M1-Isolíneas / PE-GE-04-00-02-01
 - 4.4. Isopacas M1-Masa color / PE-GE-04-00-02-02
 - 4.5. Isopacas M3-Isolíneas / PE-GE-04-00-03-01
 - 4.6. Isopacas M3-Masa color / PE-GE-04-00-03-02
 - 4.7. Isopacas Muschelkalk (M1+M2+M3)-Isolíneas / PE-GE-04-00-04-01
 - 4.8. Isopacas Muschelkalk (M1+M2+M3)-Masa color / PE-GE-04-00-04-02
 - 4.9. Isopacas Keuper-Isolíneas / PE-GE-04-00-05-01
 - 4.10. Isopacas Keuper-Masa color / PE-GE-04-00-05-02
 - 4.11. Isopacas Triásico-Isolíneas / PE-GE-04-00-06-01
 - 4.12. Isopacas Triásico-Masa color / PE-GE-04-00-06-02
 - 4.13. Isopacas Lias-Isolíneas / PE-GE-04-00-07-01
 - 4.14. Isopacas Lias-Masa color / PE-GE-04-00-07-02
 - 4.15. Isopacas Dogger-Malm-Isolíneas / PE-GE-04-00-08-01
 - 4.16. Isopacas Dogger-Malm-Masa color / PE-GE-04-00-08-02
 - 4.17. Isopacas Cretácico Inferior-Isolíneas / PE-GE-04-00-09-01
 - 4.18. Isopacas Cretácico Inferior-Masa color / PE-GE-04-00-09-02
 - 4.19. Isopacas Cretácico Superior (Cenomaniense sup-Santonense Inf)-Isolíneas / PE-GE-04-00-10-01
 - 4.20. Isopacas Cretácico Superior (Cenomaniense sup-Santonense Inf)-Masa color / PE-GE-04-00-10-02
 - 4.21. Isopacas Cretácico Superior (Santonense Sup-Maastrichtense)-Isolíneas / PE-GE-04-00-11-01
 - 4.22. Isopacas Cretácico Superior (Santonense Sup-Maastrichtense)-Masa color / PE-GE-04-00-11-02
 - 4.23. Mapa del Yacente del Cenozoico / PE-GE-04-00-12-00

5. Cortes Geológicos Regionales

- 5.1. Corte I / PE-GE-05-00-01-00 (PE-BI-01)
- 5.2. Corte II / PE-GE-05-00-01-00 (PE-BI-02)
- 5.3. Corte III / PE-GE-05-00-02-00 (PE-BI-03)
- 5.4. Corte IV / PE-GE-05-00-03-00 (PE-BI-04)
- 5.5. Corte V / PE-GE-05-00-04-00 (PE-BI-05)
- 5.6. Corte VI / PE-GE-05-00-05-00 (PE-BI-06)
- 5.7. Corte VII / PE-GE-05-00-06-00 (PE-BI-07)
- 5.8. Corte VIII / PE-GE-05-00-06-00 (PE-BI-08)
- 5.9. Corte IX / PE-GE-05-00-06-00 (PE-BI-09)
6. Mapa Situación Sondeos y Líneas Sísmicas / PE-GE-06-00-00-00
7. Tabla pares formaciones Almacén-Sello [PE-GE-07-00-01-00] al [PE-GE-07-00-03-00]
8. Tipos de estructuras / PE-GE-08-00-00-00
9. Mapa de áreas y zonas favorables / PE-GE-09-00-00-00

ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LA FASE DE SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

1. Estructura de Zuera [PE-GE-01/GEOL-01-00] al [PE-GE-01/GEOL-05-00]
2. Estructura de Sarriena [PE-GE-02/GEOL-01-00] al [PE-GE-02/GEOL-05-00]
3. Estructura de Arnedo [PE-GE-03/GEOL-01-00] al [PE-GE-03/GEOL-05-00]
4. Área de Magallón [PE-GE-04/GEOL-01-00] al [PE-GE-04/GEOL-05-00]
5. Área de la Zona de Enlace I (Muschelkalk) [PE-GE-05/GEOL-01-00] al [PE-GE-05/GEOL-05-00]
6. Área de la Zona de Enlace II (Buntsandstein) [PE-GE-06/GEOL-01-00] al [PE-GE-06/GEOL-05-00]
7. Estructura de Olzón [PE-GE-07/GEOL-01-00] al [PE-GE-07/GEOL-05-00]
8. Área de Benabarre [PE-GE-08/GEOL-01-00] al [PE-GE-08/GEOL-05-00]
9. Estructura de Santa Creus-Graus [PE-GE-09/GEOL-01-00] al [PE-GE-09/GEOL-05-00]
10. Estructura de Tamurcia [PE-GE-10/GEOL-01-00] al [PE-GE-10/GEOL-05-00]
11. Estructura de Sierras Marginales [PE-GE-11/GEOL-01-00] al [PE-GE-11/GEOL-05-00]
12. Estructura de Isona [PE-GE-12/GEOL-01-00] al [PE-GE-12/GEOL-05-00]
13. Estructura de Roncal – Illón [PE-GE-13/GEOL-01-00] al [PE-GE-13/GEOL-05-00]
14. Estructura de Leyre – Berdún [PE-GE-14/GEOL-01-00] al [PE-GE-14/GEOL-05-00]
15. Áreas de Interés No Catalogadas:
 - 15.1. Cubeta de Azuara– La Almunia [PE-GE-15/GEOL-01-00]
 - 15.2. Área de Lérida [PE-GE-15/GEOL-02-00]
 - 15.3. Estructura de Villanúa-Broto [PE-GE-15/GEOL-03-00]
 - 15.4. Área de Candanosa [PE-GE-15/GEOL-04-00]
 - 15.5. Área de Riudaura [PE-GE-15/GEOL-05-00]
 - 15.6. Área de la Cuenca Central Catalana [PE-GE-15/GEOL-06-00]
 - 15.7. Área de Pamplona [PE-GE-15/GEOL-07-00]



VOLUMEN II – 2 Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro – Hidrogeología –

VOLUMEN II-2 CADENA PIRENAICA Y CUENCA DEL EBRO - HIDROGEOLOGÍA -

ÍNDICE DE MAPAS, MODELOS Y PANELES (I-IV)

MAPAS REGIONALES TEMÁTICOS

PE-HI-01-00-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES
PE-HI-01-01-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. DOMINIOS: VASCO-CANTÁBRICO, DEL SINCLINAL DE TREMP Y JACA-PAMPLONA
PE-HI-01-02-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. DOMINIO DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO
PE-HI-01-03-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. DOMINIOS: DEMANDA-CAMERÓS, MAESTRAZGO-CATALÁNIDES, CENTRAL IBÉRICO Y ALTO JALÓN-ALTO JILOCA
PE-HI-01-04-00-00. MAPA DE SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. DOMINIO CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
PE-HI-02-00-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 m.
PE-HI-02-01-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 m. DOMINIOS: VASCO-CANTÁBRICO, DEL SINCLINAL DE TREMP Y JACA-PAMPLONA
PE-HI-02-02-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 m. DOMINIO DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO
PE-HI-02-03-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 m. DOMINIOS: DEMANDA-CAMERÓS, MAESTRAZGO-CATALÁNIDES, CENTRAL IBÉRICO Y ALTO JALÓN-ALTO JILOCA
PE-HI-02-04-00-00. MAPA DE INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 m. DOMINIO CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
PE-HI-03-00-00-00. MAPA DE SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS
PE-HI-04-00-00-00. MAPA DE PIEZOMETRÍA. MAYO DE 2008
PE-HI-05-00-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD
PE-HI-05-01-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. DOMINIOS: VASCO-CANTÁBRICO, DEL SINCLINAL DE TREMP Y JACA-PAMPLONA
PE-HI-05-02-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. DOMINIO DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO
PE-HI-05-03-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. DOMINIOS: DEMANDA-CAMERÓS, MAESTRAZGO-CATALÁNIDES, CENTRAL IBÉRICO Y ALTO JALÓN-ALTO JILOCA
PE-HI-05-04-00-00. MAPA DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. DOMINIO CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
PE-HI-06-00-00-00. MAPA DE EXPLOTABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
PE-HI-07-00-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL
PE-HI-07-01-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. DOMINIOS: VASCO-CANTÁBRICO, DEL SINCLINAL DE TREMP Y JACA-PAMPLONA
PE-HI-07-02-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. DOMINIO DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO
PE-HI-07-03-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. DOMINIOS: DEMANDA-CAMERÓS, MAESTRAZGO-CATALÁNIDES, CENTRAL IBÉRICO Y ALTO JALÓN-ALTO JILOCA
PE-HI-07-04-00-00. MAPA DE FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. DOMINIO CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA

ÍNDICE DE MAPAS Y PANELES (II-IV)

MODELOS CONCEPTUALES DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO REGIONAL PROFUNDO

PE-HI-08-00-02-01. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TRIÁSICO
PE-HI-08-00-02-02. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TRIÁSICO
PE-HI-08-00-02-03. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TRIÁSICO
PE-HI-08-00-03-01. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. JURÁSICO
PE-HI-08-00-03-02. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. JURÁSICO
PE-HI-08-00-03-03. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. JURÁSICO
PE-HI-08-00-04-01. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. CRETÁCICO
PE-HI-08-00-04-02. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. CRETÁCICO
PE-HI-08-00-04-03. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. CRETÁCICO
PE-HI-08-00-05-01. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. Terciario
PE-HI-08-00-05-02. CORTES CONCEPTUALES DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. Terciario



VOLUMEN II – 2 Cadena Pirenaica v Cuenca del Ebro – Hidrogeología –

VOLUMEN II-2 CADENA PIRENAICA Y CUENCA DEL EBRO - HIDROGEOLOGÍA -

ÍNDICE DE MAPAS, MODELOS Y PANELES (III-IV)

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE DETALLE EN LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS COMO POTENCIALES ALMACENAMIENTOS GEOLÓGICOS DE CO₂

IT-GE-02/HIDR-01-00. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO (BUNTSANDSTEIN). MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GE-02/HIDR-02-00. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO (BUNTSANDSTEIN). FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GE-03/HIDR-01-00. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO (CRETÁCICO). MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GE-03/HIDR-02-00. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO (CRETÁCICO). FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GE-15A/HIDR-01-00. ESTRUCTURA OBÓN-OLIETE A. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GE-15A/HIDR-02-00. ESTRUCTURA OBÓN-OLIETE A. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GE-15B/HIDR-01-00. ESTRUCTURA OBÓN-OLIETE B. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GE-15B/HIDR-02-00. ESTRUCTURA OBÓN-OLIETE B. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GF-04/HIDR-01-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 1. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GF-04/HIDR-02-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 1. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GF-05/HIDR-01-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 2. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GF-05/HIDR-02-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 2. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

IT-GF-06/HIDR-01-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 3. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

IT-GF-06/HIDR-02-00. ESTRUCTURA MAESTRAZGO 3. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-01/HIDR-01-00. ESTRUCTURA ZARAGOZA. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-01/HIDR-02-00. ESTRUCTURA ZARAGOZA. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-02/HIDR-01-00. ESTRUCTURA SARIÑENA. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-02/HIDR-02-00. ESTRUCTURA SARIÑENA. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-03/HIDR-01-00. ESTRUCTURA ARNEDO. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-03/HIDR-02-00. ESTRUCTURA ARNEDO. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-04/HIDR-01-00. ÁREA MAGALLÓN. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-04/HIDR-02-00. ÁREA MAGALLÓN. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-05/HIDR-01-00. ÁREA DE LA ZONA DE ENLACE I (MUSCHELKALK-II). MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-05/HIDR-02-00. ÁREA DE LA ZONA DE ENLACE I (MUSCHELKALK-II). FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-06/HIDR-01-00. ÁREA DE LA ZONA DE ENLACE II (BUNTSANDSTEIN). MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-06/HIDR-02-00. ÁREA DE LA ZONA DE ENLACE II (BUNTSANDSTEIN). FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-07/HIDR-01-00. ESTRUCTURA OLSON. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-07/HIDR-02-00. ESTRUCTURA OLSON. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-08/HIDR-01-00. ESTRUCTURA BENABARRE. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-08/HIDR-02-00. ESTRUCTURA BENABARRE. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-09/HIDR-01-00. ESTRUCTURA SANTA CREU. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-09/HIDR-02-00. ESTRUCTURA SANTA CREU. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-10/HIDR-01-00. ESTRUCTURA CAJÍCAR-TAMURCIA. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-10/HIDR-02-00. ESTRUCTURA CAJÍCAR-TAMURCIA. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-11/HIDR-01-00. ESTRUCTURA SIERRAS MARGINALES. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-11/HIDR-02-00. ESTRUCTURA SIERRAS MARGINALES. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-12/HIDR-01-00. ESTRUCTURA ISONA. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-12/HIDR-02-00. ESTRUCTURA ISONA. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-13/HIDR-01-00. ESTRUCTURA RONCAL-ILLON. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-13/HIDR-02-00. ESTRUCTURA RONCAL-ILLON. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GE-14/HIDR-01-00. ESTRUCTURA LEYRE-BERDÚN. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GE-14/HIDR-02-00. ESTRUCTURA LEYRE-BERDÚN. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

ÍNDICE DE MAPAS, MODELOS Y PANELES (IV-IV)

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE DETALLE EN LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS COMO POTENCIALES ALMACENAMIENTOS GEOLÓGICOS DE CO₂ (continuación)

PE-GF-01/HIDR-01-00. ESTRUCTURA LOPÍN. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GF-01/HIDR-02-00. ESTRUCTURA LOPÍN. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GF-02/HIDR-01-00. ESTRUCTURA MONEGRILLO. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GF-02/HIDR-02-00. ESTRUCTURA MONEGRILLO. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GF-03/HIDR-01-00. ESTRUCTURA CASPE-MAYALS. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GF-03/HIDR-02-00. ESTRUCTURA CASPE-MAYALS. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GF-04/HIDR-01-00. ESTRUCTURA REUS. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GF-04/HIDR-02-00. ESTRUCTURA REUS. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

PE-GF-05/HIDR-01-00. ESTRUCTURA CENTENERA. MAPA HIDROGEOLÓGICO. FIGURAS DE PROTECCIÓN

PE-GF-05/HIDR-02-00. ESTRUCTURA CENTENERA. FUNCIONAMIENTO Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS. TABLA RESUMEN

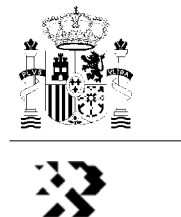


VOLUMEN III – 1 Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán – Geología –

VOLUMEN III-1
CADENA IBÉRICA Y CUENCAS DEL TAJO Y DE ALMAZÁN
- GEOLOGÍA -

RELACIÓN DE MAPAS Y DOCUMENTOS DE LA FASE DE ESTUDIOS REGIONALES

0. Mapa Geológico de España: IT-GE-00-00-00-00
1. Mapa Geológico Regional: IT-GE-01-00-00-00
- 0.1. Leyenda: IT-GE-01-00-01-00
2. Mapa Geológico de Síntesis: IT-GE-02-00-00-00
3. Mapas de Isobatas
- 3.1. Isobatas del límite Basamento Varisco/Cobertera-Isolíneas. IT-GE-03-00-01-01
- 3.2. Isobatas del límite Basamento Varisco/Cobertera-Color masa. IT-GE-03-00-01-02
- 3.3. Isobatas del límite Basamento Varisco/Cobertera-Mapa de sombras. IT-GE-03-00-01-03
- 3.4. Isobatas del límite Triásico/Suprayacente-Isolíneas. IT-GE-03-00-02-01
- 3.5. Isobatas del límite Triásico/Suprayacente-Color masa. IT-GE-03-00-02-02
- 3.6. Isobatas del límite Triásico/Suprayacente-Mapa de sombras. IT-GE-03-00-02-03
- 3.7. Isobatas del límite Jurásico-Cretácico-Isolíneas. IT-GE-03-00-03-01
- 3.8. Isobatas del límite Jurásico-Cretácico-Color masa. IT-GE-03-00-03-02
- 3.9. Isobatas del límite Jurásico-Cretácico-Mapa de sombras. IT-GE-03-00-03-03
- 3.10. Isobatas del límite Terciario/Infrayacente-Isolíneas. IT-GE-03-00-04-01
- 3.11. Isobatas del límite Terciario/Infrayacente-Color masa. IT-GE-03-00-04-02
- 3.12. Isobatas del límite Terciario/Infrayacente-Mapa de sombras. IT-GE-03-00-04-03
- 3.13. Superficie del límite Basamento Varisco/Cobertera-Superficie 3D de sombras y gama color en vista cenital y perspectiva. IT-GE-03-00-05-01
- 3.14. Superficie del límite Basamento Varisco/Cobertera-Superficie 3D de sombras y gama color con isolíneas. IT-GE-03-00-05-02
- 3.15. Superficie del límite Triásico/Suprayacente-Superficie 3D de sombras y gama color en vista cenital y perspectiva. IT-GE-03-00-05-03
- 3.16. Superficie del límite Triásico/Suprayacente-Superficie 3D de sombras y gama color con isolíneas. IT-GE-03-00-05-04
- 3.17. Superficie de la discontinuidad Jurásico-Cretácico (base de la Facies Utrillas)-Superficie 3D de sombras y gama color en vista cenital y perspectiva. IT-GE-03-00-05-05
- 3.18. Superficie de la discontinuidad Jurásico-Cretácico (base de la Facies Utrillas). -Superficie 3D de sombras y gama color con isolíneas. IT-GE-03-00-05-06
- 3.19. Superficie del límite Terciario/Infrayacente - Superficie 3D de sombras y gama color en vista cenital y perspectiva. IT-GE-03-00-05-07
- 3.20. Superficie del límite Terciario/Infrayacente -Superficie 3D de sombras y gama color con isolíneas. IT-GE-03-00-05-08
- 3.21. Superposición de superficies. IT-GE-03-00-05-09
- 3.22. Superposición de las superficies límite del Basamento Varisco/Cobertera y límite del Triásico/Suprayacente. IT-GE-03-00-05-10
- 3.22. Superposición de las superficies límite del Triásico/Suprayacente y base de la Facies Utrillas. IT-GE-03-00-05-11
- 3.23. Superposición de las superficies base de la Facies Utrillas y límite Terciario/Infrayacente. IT-GE-03-00-05-12
4. Mapas de Isopacas
- 4.1. Isopacas del Triásico y Pérmico ocasional-Isolíneas. IT-GE-04-00-01-01
- 4.2. Isopacas del Triásico y Pérmico ocasional-Color masa. IT-GE-04-00-01-02
- 4.3. Isopacas del Jurásico-Isolíneas. IT-GE-04-00-02-01
- 4.4. Isopacas del Jurásico-Color masa. IT-GE-04-00-02-02
- 4.5. Isopacas del Cretácico inferior-Isolíneas. IT-GE-04-00-03-01
- 4.6. Isopacas del Cretácico inferior-Color masa. IT-GE-04-00-03-02
- 4.7. Isopacas del Cretácico medio y superior-Isolíneas. IT-GE-04-00-04-01
- 4.8. Isopacas del Cretácico medio y superior-Color masa. IT-GE-04-00-04-02
- 4.9. Isopacas del Terciario-Isolíneas. IT-GE-04-00-05-01
- 4.10. Isopacas del Terciario-Color masa. IT-GE-04-00-05-02
- 4.11. Isopacas del Triásico y ocasionalmente Pérmico -Facies Buntsandstein. IT-GE-04-00-06-00
- 4.12. Isopacas del Triásico -Facies Muschelkalk. IT-GE-04-00-07-00
- 4.13. Isopacas del Triásico -Facies Keuper. IT-GE-04-00-08-00
- 4.14. Isopacas del Jurásico inferior. IT-GE-04-00-09-00
- 4.15. Isopacas del Jurásico inferior -Formación Turmiel. IT-GE-04-00-10-00
- 4.16. Isopacas del Jurásico medio. IT-GE-04-00-11-00
- 4.17. Isopacas del Jurásico superior. IT-GE-04-00-12-00
- 4.18. Isopacas del Jurásico superior-Cretácico inferior- Facies Purbeck. IT-GE-04-00-13-00
- 4.19. Isopacas del Cretácico inferior -Facies Weald. IT-GE-04-00-14-00
- 4.20. Isopacas del Cretácico inferior -Facies Ugoniana. IT-GE-04-00-15-00
- 4.21. Isopacas del Cretácico medio -Facies Utrillas. IT-GE-04-00-16-00
- 4.22. Isopacas del Cretácico medio-superior-Carbonatos y Evaporitas. IT-GE-04-00-17-00
5. Cortes Geológicos Regionales
- 5.1. Corte IT-OR-01 (C. de Madrid-Sª de Altomira): IT-GE-05-00-01-00
- 5.2. Corte IT-OR-02 (C. de Madrid-D. Intermedia): IT-GE-05-00-02-00
- 5.3. Cortes IT-OR-03 y 04 (Regionales C Ibérica): IT-GE-05-00-03-00
- 5.4. Cortes IT-OR-05 y 06 (Regionales C Ibérica): IT-GE-05-00-04-00
- 5.5. Cortes IT-OR-06 (Regional C Ibérica): IT-GE-05-00-05-00
- 5.6. Cortes IT-OR-07 y 08 (D. Intermedia-C. Ibérica): IT-GE-05-00-06-00
- 5.7. Cortes IT-BI-01 a 03 (Regionales C. Almazán): IT-GE-05-00-07-00
- 5.8. Cortes IT-BI-04 a 06 (Regionales C. Almazán): IT-GE-05-00-08-00
- 5.9. Cortes IT-OR-10 a 12 (C. Almazán Septentrional): IT-GE-05-00-09-00
- 5.10. Cortes IT-OR-13 a 15 (C. Almazán Septentrional): IT-GE-05-00-10-00
- 5.11. Cortes IT-BI-07 a 09 (Maestrazgo-Zona de Enlace): IT-GE-05-00-11-00
- 5.12. Cortes IT-BI-10 a 12 (Maestrazgo-Zona de Enlace): IT-GE-05-00-12-00
- 5.13. Cortes IT-BI-13 a 15 (Maestrazgo-Zona de Enlace): IT-GE-05-00-13-00
6. Mapa de Situación de Líneas sísmicas y Sondeos: IT-GE-06-00-00-00
7. Tabla de Pares de Formaciones Almacén-Sello: IT-GE-07-00-00-01 a 03
8. Tipos de Estructuras Geológicas Favorables en la Región
- 8.1. Tipos IT-ET-01 a 05; IT-ES-01 y IT-HD-01: IT-GE-08-00-01-00
- 8.2. Tipos IT-ET-06 a 11; IT-ES-01 y IT-ES-02: IT-GE-08-00-02-00
- 8.3. Tipos IT-ET-12 a 16; IT-ES-01 y IT-ES-02: IT-GE-08-00-03-00
9. Mapa de Áreas y Estructuras Favorables. IT-GE-09-00-00-00
10. Panel de Correlaciones Estratigráficas
- 10.1. Correlaciones sondeos C de Madrid (1): IT-GE-10-00-01-00
- 10.2. Correlaciones sondeos C de Madrid (2): IT-GE-10-00-02-00
- 10.3. Correlaciones sondeos D. Intermedia (1): IT-GE-10-00-03-00
- 10.4. Correlaciones sondeos D. Intermedia (2): IT-GE-10-00-04-00
- 10.5. Correlaciones sondeos D. Intermedia (3): IT-GE-10-00-05-00
- 10.6. Correlaciones sondeos triásico C. del Tajo. IT-GE-10-00-06-00
- 10.7. Correlaciones sondeos C. Almazán. IT-GE-10-00-07-00
- 10.8. Correlaciones sondeos Maestrazgo. IT-GE-10-00-08-00



VOLUMEN III – 1 Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán – Geología –

VOLUMEN III-1 CADENA IBÉRICA Y CUENCAS DEL TAJO Y DE ALMAZÁN - GEOLOGÍA -

RELACIÓN DE MAPAS Y DOCUMENTOS DE LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS

1. ESTRUCTURA SALSADILLA. IT-GE-01

- 1.1. Mapa Geológico. IT-GE-01/GEOL-01-00
- 1.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-01/GEOL-02-01
Cortes geológicos (IT-GE-01/01 a 03)
IT-GE-01/GEOL-02-02
- 1.3. Mapas de Isobatas IT-GE-01/GEOL-03-00
- 1.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-01/GEOL-04-00
- 1.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-01/GEOL-05-00

2. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO 1. IT-GE-02

- 2.1. Mapa Geológico. IT-GE-02/GEOL-01-00
- 2.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-02/GEOL-02-01
Cortes geológicos (IT-GE-02/01 a 03)
IT-GE-02/GEOL-02-02
- 2.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-02/GEOL-03-00
- 2.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-02/GEOL-04-00
- 2.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-02/GEOL-05-00

3. ESTRUCTURA DELTA DEL EBRO 2. IT-GE-03

- 3.1. Mapa Geológico. IT-GE-03/GEOL-01-00
- 3.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-03/GEOL-02-01
Cortes geológicos (IT-GE-03/01 a 03)
IT-GE-03/GEOL-02-02
- 3.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-03/GEOL-03-00
- 3.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-03/GEOL-04-00
- 3.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-03/GEOL-05-00

4. ESTRUCTURA BAIDES 1. IT-GE-04

- 4.1. Mapa Geológico. IT-GE-04/GEOL-01-00
- 4.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-04/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-04/01 a 08)
IT-GE-04/GEOL-02-03
- 4.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-04/GEOL-03-00
- 4.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-04/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-04/GEOL-04-02
- 4.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-04/GEOL-05-00

5. ESTRUCTURA BAIDES 2. IT-GE-05

- 5.1. Mapa Geológico. IT-GE-05/GEOL-01-00
- 5.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-05/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-05/01 a 08)
IT-GE-05/GEOL-02-03
- 5.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-05/GEOL-03-00
- 5.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-05/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-05/GEOL-04-02
- 5.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-05/GEOL-05-00

6. ESTRUCTURA TIELMES 1. IT-GE-06

- 6.1. Mapa Geológico. IT-GE-06/GEOL-01-00
- 6.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-06/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-06/01 a 04)
IT-GE-06/GEOL-02-03
- 6.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-06/GEOL-03-00
- 6.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-06/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-06/GEOL-04-02
- 6.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-06/GEOL-05-00

7. ESTRUCTURA TIELMES 2. IT-GE-07

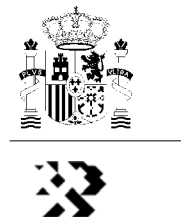
- 7.1. Mapa Geológico. IT-GE-07/GEOL-01-00
- 7.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-07/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-07/01 a 04)
IT-GE-07/GEOL-02-03
- 7.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-07/GEOL-03-00
- 7.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-07/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-07/GEOL-04-02
- 7.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-07/GEOL-05-00

8. ESTRUCTURA ALTOMIRA. IT-GE-08

- 8.1. Mapa Geológico. IT-GE-08/GEOL-01-00
- 8.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Cortes geológicos (IT-GE-08/01 a 09)
IT-GE-08/GEOL-02-01 y 02
- 8.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-08/GEOL-03-00
- 8.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-08/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-08/GEOL-04-02
- 8.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-08/GEOL-05-00

9. ESTRUCTURA TRIBALDOS. IT-GE-09

- 9.1. Mapa Geológico. IT-GE-09/GEOL-01-00
- 9.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-09/GEOL-02-01
Cortes geológicos (IT-GE-09/01 a 04)
IT-GE-09/GEOL-02-02
- 9.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-09/GEOL-03-00
- 9.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-09/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-09/GEOL-04-02
- 9.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-09/GEOL-05-00



VOLUMEN III – 1 Cadena Ibérica y Cuencas del Tajo y de Almazán – Geología –

VOLUMEN III-1
CADENA IBÉRICA Y CUENCAS DEL TAJO Y DE ALMAZÁN
- GEOLOGÍA -

10. ESTRUCTURA ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 1. IT-GE-10

- 10.1. Mapa Geológico. IT-GE-10/GEOL-01-00
- 10.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas. (IT-GE-10/01 a 04)
IT-GE-10/GEOL-02-00
- 10.3. Mapas de Isobatas IT-GE-10/GEOL-03-00
- 10.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-10/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-10/GEOL-04-02
- 10.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-10/GEOL-05-00

11. ESTRUCTURA ALMAZÁN SEPTENTRIONAL 2. IT-GE-11

- 11.1. Mapa Geológico. IT-GE-11/GEOL-01-00
- 11.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas. (IT-GE-11/01 a 03)
IT-GE-11/GEOL-02-00
- 11.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-11/GEOL-03-00
- 11.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-11/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-11/GEOL-04-02
- 11.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-11/GEOL-05-00

12. ESTRUCTURA GORMAZ. IT-GE-12

- 12.1. Mapa Geológico. IT-GE-12/GEOL-01-00
- 12.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas. (IT-GE-12/01 a 04)
IT-GE-12/GEOL-02-00
- 12.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-12/GEOL-03-00
- 12.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-12/GEOL-04-01
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-12/GEOL-04-02
- 12.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-12/GEOL-05-00

13. ESTRUCTURA BURGO DE OSMÁ. IT-GE-13

- 13.1. Mapa Geológico. IT-GE-13/GEOL-01-00
- 13.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas. (IT-GE-13/01 a 04)
IT-GE-13/GEOL-02-00
- 13.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-13/GEOL-03-00

13.4. Modelos 3D.

- Modelización 3D con Geomodeler. IT-GE-13/GEOL-04-01
- Modelización 3D con GoCad. IT-GE-13/GEOL-04-02
- 13.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-13/GEOL-05-00

14. ESTRUCTURA LA VENTOSA. IT-GE-14

- 14.1. Mapa Geológico. IT-GE-14/GEOL-01-00
- 14.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-14/GEOL-02-01
Cortes geológicos (IT-GE-14/01 a 03)
IT-GE-14/GEOL-02-02
- 14.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-14/GEOL-03-00
- 14.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-14/GEOL-04-00
- 14.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-14/GEOL-05-00

15. ESTRUCTURA OBÓN-OLIVETE. IT-GE-15

- 15.1. Mapa Geológico. IT-GE-15/GEOL-01-00
- 15.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Cortes geológicos (IT-GE-15/01 a 06)
IT-GE-15/GEOL-02-00
- 15.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-15/GEOL-03-00
- 15.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-15/GEOL-04-00
- 15.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-15/GEOL-05-00

16. ESTRUCTURA BELMONTEJO 1. IT-GE-16

- 16.1. Mapa Geológico. IT-GE-16/GEOL-01-00
- 16.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-16/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-16/01 a 03)
IT-GE-16/GEOL-02-03
- 16.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-16/GEOL-03-00
- 16.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-16/GEOL-04-00

- 16.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-16/GEOL-05-00

17. ESTRUCTURA BELMONTEJO 2. IT-GE-17

- 17.1. Mapa Geológico. IT-GE-17/GEOL-01-00
- 17.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-17/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-17/01 a 03)
IT-GE-17/GEOL-02-03
- 17.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-17/GEOL-03-00
- 17.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-17/GEOL-04-00
- 17.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-17/GEOL-05-00

18. ESTRUCTURA GABALDÓN. IT-GE-18

- 18.1. Mapa Geológico. IT-GE-18/GEOL-01-00
- 18.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-18/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-18/01 a 03)
IT-GE-18/GEOL-02-03
- 18.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-18/GEOL-03-00
- 18.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-18/GEOL-04-00
- 18.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-18/GEOL-05-00

19. ESTRUCTURA EL HITO. IT-GE-19

- 19.1. Mapa Geológico. IT-GE-19/GEOL-01-00
- 19.2. Cortes geológicos y líneas sísmicas.
Líneas sísmicas IT-GE-19/GEOL-02-01 y 02
Cortes geológicos (IT-GE-19/01 a 03)
IT-GE-19/GEOL-02-03
- 19.3. Mapas de Isobatas. IT-GE-19/GEOL-03-00
- 19.4. Modelos 3D.
Modelización 3D con GoCad. IT-GE-19/GEOL-04-00
- 19.5. Datos petrofísicos, cálculo volumétrico y tabla resumen.
IT-GE-19/GEOL-05-00



VOLUMEN III – 2 Cadena Ibérica y Submeseta Meridional – Hidrogeología –

VOLUMEN III-2 CADENA IBÉRICA Y SUBMESETA MERIDIONAL - HIDROGEOLOGÍA -

MAPAS FASE REGIONAL

ÍNDICE DE MAPAS:

IT-HI-01-01-00-00. Mapa de síntesis geológica. Permeabilidades. Demarcación Hidrográfica del Tajo
IT-HI-01-02-00-00. Mapa de síntesis geológica. Permeabilidades. Demarcación Hidrográfica del Júcar
IT-HI-01-03-00-00. Mapa de síntesis geológica. Permeabilidades. Demarcación Hidrográfica del Guadiana
IT-HI-02-01-00-00. Mapa de inventario general. Sondeos hidrogeológicos de más de 300 m. Demarcación Hidrográfica del Tajo
IT-HI-02-02-00-00. Mapa de inventario general. Sondeos hidrogeológicos de más de 300 m. Demarcación Hidrográfica del Júcar
IT-HI-02-03-00-00. Mapa de inventario general. Sondeos hidrogeológicos de más de 300 m. Demarcación Hidrográfica del Guadiana
IT-HI-03-00-00-00. Mapa de sondeos de petróleo y profundos de interés
IT-HI-04-00-00-00. Mapa de piezometría. Mayo de 2008
IT-HI-05-00-00-00. Mapa de calidad de las aguas subterráneas. Conductividad/salinidad
IT-HI-06-00-00-00. Mapa de explotabilidad de las aguas subterráneas
IT-HI-07-00-00-00. Mapa de figuras de protección ambiental
IT-HI-08-00-02-01. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Triásico
IT-HI-08-00-02-02. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Triásico. Cortes
IT-HI-08-00-03-01. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Jurásico y Cretácico inferior
IT-HI-08-00-03-02. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Jurásico y Cretácico inferior. Cortes
IT-HI-08-00-04-01. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Utrillas y Cretácico superior
IT-HI-08-00-04-02. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Utrillas y Cretácico superior. Cortes
IT-HI-08-00-05-01. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Terciario
IT-HI-08-00-05-02. Esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico profundo. Terciario. Cortes

MAPAS FASE DE DETALLE. ESTRUCTURAS

ÍNDICE DE MAPAS:

IT-GE-01/HIDR-01-00. Estructura Salsadella. Mapa hidrogeológico
IT-GE-01/HIDR-02-00. Estructura Salsadella. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-01/HIDR-03-00. Estructura Salsadella. Tabla resumen

IT-GE-04/HIDR-01-00. Estructura Baidés 1. Mapa hidrogeológico
IT-GE-04/HIDR-02-00. Estructura Baidés 1. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-04/HIDR-03-00. Estructura Baidés 1. Tabla resumen

IT-GE-05/HIDR-01-00. Estructura Baidés 2. Mapa hidrogeológico
IT-GE-05/HIDR-02-00. Estructura Baidés 2. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-05/HIDR-03-00. Estructura Baidés 2. Tabla resumen

IT-GE-06/HIDR-01-00. Estructura Tiernes 1. Mapa hidrogeológico
IT-GE-06/HIDR-02-00. Estructura Tiernes 1. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-06/HIDR-03-00. Estructura Tiernes 1. Tabla resumen

IT-GE-07/HIDR-01-00. Estructura Tiernes 2. Mapa hidrogeológico
IT-GE-07/HIDR-02-00. Estructura Tiernes 2. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-07/HIDR-03-00. Estructura Tiernes 2. Tabla resumen

IT-GE-08/HIDR-01-00. Estructura Altomira. Mapa hidrogeológico
IT-GE-08/HIDR-02-00. Estructura Altomira. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-08/HIDR-03-00. Estructura Altomira. Tabla resumen

IT-GE-09/HIDR-01-00. Estructura Tribaldos. Mapa hidrogeológico
IT-GE-09/HIDR-02-00. Estructura Tribaldos. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-09/HIDR-03-00. Estructura Tribaldos. Tabla resumen

IT-GE-14/HIDR-01-00. Estructura La Ventosa. Mapa hidrogeológico
IT-GE-14/HIDR-02-00. Estructura La Ventosa. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-14/HIDR-03-00. Estructura La Ventosa. Tabla resumen

IT-GE-16/HIDR-01-00. Estructura Belmontejo 1. Mapa hidrogeológico
IT-GE-16/HIDR-02-00. Estructura Belmontejo 1. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-16/HIDR-03-00. Estructura Belmontejo 1. Tabla resumen

IT-GE-17/HIDR-01-00. Estructura Belmontejo 2. Mapa hidrogeológico
IT-GE-17/HIDR-02-00. Estructura Belmontejo 2. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-17/HIDR-03-00. Estructura Belmontejo 2. Tabla resumen

IT-GE-18/HIDR-01-00. Estructura Gabaldón. Mapa hidrogeológico
IT-GE-18/HIDR-02-00. Estructura Gabaldón. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-18/HIDR-03-00. Estructura Gabaldón. Tabla resumen

IT-GE-19/HIDR-01-00. Estructura El Hito. Mapa hidrogeológico
IT-GE-19/HIDR-02-00. Estructura El Hito. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GE-19/HIDR-03-00. Estructura El Hito. Tabla resumen

IT-GF-01/HIDR-01-00. Estructura Tres Cantos-San Sebastián de los Reyes. Mapa hidrogeológico
IT-GF-01/HIDR-02-00. Estructura Tres Cantos-San Sebastián de los Reyes. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GF-01/HIDR-03-00. Estructura Tres Cantos-San Sebastián de los Reyes. Tabla Resumen

IT-GF-02/HIDR-01-00. Estructura Puerta Pareja. Mapa hidrogeológico
IT-GF-02/HIDR-02-00. Estructura Puerta Pareja. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
IT-GF-02/HIDR-03-00. Estructura Puerta Pareja. Tabla resumen

BG-GE-10/HIDR-01-00. Estructura La Mancha 1. Mapa hidrogeológico
BG-GE-10/HIDR-02-00. Estructura La Mancha 1. Cortes hidrogeológicos/funcionamiento
BG-GE-10/HIDR-03-00. Estructura La Mancha 1. Tabla resumen



VOLUMEN IV – 1 Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir – Geología –

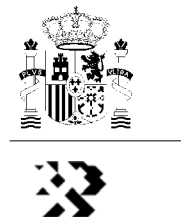
VOLUMEN IV-1
CADENAS BÉTICAS Y CUENCA DEL GUADALQUIVIR
- GEOLOGÍA -

RELACIÓN DE MAPAS

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA	BG-GE-00-00-00
MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	BG-GE-01-01-00
MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	BG-GE-01-02-00
LEYENDA DEL MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	BG-GE-01-00-00
MAPA GEOLÓGICO DE SÍNTESIS	BG-GE-02-01-00
MAPA GEOLÓGICO DE SÍNTESIS	BG-GE-02-02-00
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE VARISCO - COBERTERA	BG-GE-03-00-01
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE VARISCO - COBERTERA	BG-GE-03-00-02
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE VARISCO - COBERTERA	BG-GE-03-00-03
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TRIÁSICO - SUPRAYACENTE	BG-GE-03-00-01
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TRIÁSICO - SUPRAYACENTE	BG-GE-03-00-02
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TRIÁSICO - SUPRAYACENTE	BG-GE-03-00-03
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE JURÁSICO - CRETÁCICO	BG-GE-03-00-01
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE JURÁSICO - CRETÁCICO	BG-GE-03-00-02
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE JURÁSICO - CRETÁCICO	BG-GE-03-00-03
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TERCIARIO - INFRAYACENTE	BG-GE-03-00-01
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TERCIARIO - INFRAYACENTE	BG-GE-03-00-02
MAPA DE ISÓBATAS, LÍMITE TERCIARIO - INFRAYACENTE	BG-GE-03-00-03
MAPA DE ISOPACAS, TRIÁSICO	BG-GE-04-00-01
MAPA DE ISOPACAS, TRIÁSICO	BG-GE-04-00-02
MAPA DE ISOPACAS, JURÁSICO	BG-GE-04-00-01
MAPA DE ISOPACAS, JURÁSICO	BG-GE-04-00-02
MAPA DE ISOPACAS, CRETÁCICO	BG-GE-04-00-01
MAPA DE ISOPACAS, CRETÁCICO	BG-GE-04-00-02
MAPA DE ISOPACAS, TERCIARIO	BG-GE-04-00-01
MAPA DE ISOPACAS, TERCIARIO	BG-GE-04-00-02
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-01
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-02
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-03
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-04
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-05
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-06
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-07
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-08
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-09
CORTES GEOLÓGICOS REGIONALES	BG-GE-05-00-10
MAPA DE SITUACIÓN DE LÍNEAS SÍSMICAS Y SONDEOS	BG-GE-06-00-00
TABLA DE PARES DE FORMACIONES ALMACÉN - SELLO	BG-GE-07-00-01
TABLA DE PARES DE FORMACIONES ALMACÉN - SELLO	BG-GE-07-00-02

TIPOS DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS FAVORABLES EN LA REGIÓN	BG-GE-08-00-01
TIPOS DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS FAVORABLES EN LA REGIÓN	BG-GE-08-00-02
TIPOS DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS FAVORABLES EN LA REGIÓN	BG-GE-08-00-03
MAPA DE ÁREAS Y ESTRUCTURAS FAVORABLES	BG-GE-09-00-01
PANEL DE CORRELACIONES LITOESTRATIGRÁFICAS	BG-GE-10-00-00
RÍO GUADALQUIVIR N-1, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-01/GEOL-01-00
RÍO GUADALQUIVIR N-1, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-01/GEOL-02-01
RÍO GUADALQUIVIR N-1, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-01/GEOL-02-02
RÍO GUADALQUIVIR N-1, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-01/GEOL-02-03
RÍO GUADALQUIVIR N-1, ISÓBATAS	BG-GE-01/GEOL-03-00
RÍO GUADALQUIVIR N-1, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-01/GEOL-04-00
RÍO GUADALQUIVIR N-1, TABLAS RESUMEN	BG-GE-01/GEOL-05-00
ALTO GUADALQUIVIR, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-02/GEOL-01-00
ALTO GUADALQUIVIR, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-02/GEOL-02-01
ALTO GUADALQUIVIR, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-02/GEOL-02-02
ALTO GUADALQUIVIR, ISÓBATAS	BG-GE-02/GEOL-03-00
ALTO GUADALQUIVIR, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-02/GEOL-04-00
ALTO GUADALQUIVIR, TABLAS RESUMEN	BG-GE-02/GEOL-05-00
GUADIANA MENOR, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-03/GEOL-01-00
GUADIANA MENOR, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-03/GEOL-02-01
GUADIANA MENOR, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-03/GEOL-02-02
GUADIANA MENOR, ISÓBATAS	BG-GE-03/GEOL-03-00
GUADIANA MENOR, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-03/GEOL-04-00
GUADIANA MENOR, TABLAS RESUMEN	BG-GE-03/GEOL-05-00
SINCLINAL DE PÉTROLA, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-04/GEOL-01-01
SINCLINAL DE PÉTROLA, PANEL DE CORRELACIÓN	BG-GE-04/GEOL-01-02
SINCLINAL DE PÉTROLA, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-04/GEOL-02-01
SINCLINAL DE PÉTROLA, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-04/GEOL-02-02
SINCLINAL DE PÉTROLA, ISÓBATAS	BG-GE-04/GEOL-03-00
SINCLINAL DE PÉTROLA, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-04/GEOL-04-00
SINCLINAL DE PÉTROLA, TABLAS RESUMEN	BG-GE-04/GEOL-05-00
SIERRA DE BENEJAMA, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-05/GEOL-01-00
SIERRA DE BENEJAMA, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-05/GEOL-02-01
SIERRA DE BENEJAMA, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-05/GEOL-02-02
SIERRA DE BENEJAMA - ARENISCA DE MANUEL, ISÓBATAS	BG-GE-05a/GEOL-03-00
SIERRA DE BENEJAMA - DOGGER, ISÓBATAS	BG-GE-05b/GEOL-03-00
SIERRA DE BENEJAMA, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-05/GEOL-04-00
SIERRA DE BENEJAMA - ARENISCA DE MANUEL, TABLAS RESUMEN	BG-GE-05a/GEOL-05-00
SIERRA DE BENEJAMA - DOGGER, TABLAS RESUMEN	BG-GE-05b/GEOL-05-00

SIERRA DE SALINAS, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-06/GEOL-01-01
SIERRA DE SALINAS, PANEL DE CORRELACIÓN	BG-GE-06/GEOL-01-02
SIERRA DE SALINAS, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-06/GEOL-02-01
SIERRA DE SALINAS, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-06/GEOL-02-02
SIERRA DE SALINAS - DOGGER, ISÓBATAS	BG-GE-06a/GEOL-03-00
SIERRA DE SALINAS - KIMMERIGGIENSE, ISÓBATAS	BG-GE-06b/GEOL-03-00
SIERRA DE SALINAS, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-06/GEOL-04-00
SIERRA DE SALINAS - DOGGER, TABLAS RESUMEN	BG-GE-06a/GEOL-05-00
SIERRA DE SALINAS - KIMMERIGGIENSE, TABLAS RESUMEN	BG-GE-06b/GEOL-05-00
MACARROBA, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-07/GEOL-01-00
MACARROBA, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-07/GEOL-02-01
MACARROBA, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-07/GEOL-02-02
MACARROBA, ISÓBATAS	BG-GE-07/GEOL-03-00
MACARROBA, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-07/GEOL-04-00
MACARROBA, TABLAS RESUMEN	BG-GE-07/GEOL-05-00
MURCIA B-1, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-08/GEOL-01-01
MURCIA B-1, PANEL DE CORRELACIÓN	BG-GE-08/GEOL-01-02
MURCIA B-1, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-08/GEOL-02-01
MURCIA B-1, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-08/GEOL-02-02
MURCIA B-1, ISÓBATAS	BG-GE-08/GEOL-03-00
MURCIA B-1, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-08/GEOL-04-00
MURCIA B-1, TABLAS RESUMEN	BG-GE-08/GEOL-05-00
SIERRA SECA, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-09/GEOL-01-00
SIERRA SECA, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-09/GEOL-02-01
SIERRA SECA, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-09/GEOL-02-02
SIERRA SECA, ISÓBATAS	BG-GE-09/GEOL-03-00
SIERRA SECA, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-09/GEOL-04-00
SIERRA SECA, TABLAS RESUMEN	BG-GE-09/GEOL-05-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA, MAPA GEOLÓGICO	BG-GE-10/GEOL-01-01
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA, SITUACIÓN DE COLUMNAS	BG-GE-10/GEOL-01-02
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA, CORTES GEOLÓGICOS	BG-GE-10/GEOL-02-01
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA, LÍNEAS SÍSMICAS	BG-GE-10/GEOL-02-02
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - BUNTSANDSTEIN, ISÓBATAS	BG-GE-10a/GEOL-03-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - MUSCHELKALK-3, ISÓBATAS	BG-GE-10b/GEOL-03-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - ARENISCA DE MANUEL, ISÓBATAS	BG-GE-10c/GEOL-03-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA, MODELO DE LA ESTRUCTURA EN 3D	BG-GE-10/GEOL-04-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - BUNTSANDSTEIN, TABLAS RESUMEN	BG-GE-10a/GEOL-05-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - MUSCHELKALK-3, TABLAS RESUMEN	BG-GE-10b/GEOL-05-00
COBERTERA TABULAR DE LA MANCHA - ARENISCA DE MANUEL, TABLAS RESUMEN	BG-GE-10c/GEOL-05-00



VOLUMEN IV – 2 Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir – Hidrogeología –

VOLUMEN IV-2 CADENAS BÉTICAS Y CUENCA DEL GUADALQUIVIR - HIDROGEOLOGÍA -

MAPAS FASE REGIONAL

ÍNDICE DE MAPAS:

BG-HI-00-00-00-00. MAPA GEOLÓGICO GENERAL DE ESPAÑA. ZONAS HIDROGEOLÓGICAS.
BG-HI-01-01-00-00. SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. SECTOR GUADALQUIVIR.
BG-HI-01-02-00-00. SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-01-03-00-00. SÍNTESIS GEOLÓGICA. PERMEABILIDADES. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-02-01-00-00. INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 M. SECTOR GUADALQUIVIR.
BG-HI-02-02-00-00. INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 M. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-02-03-00-00. INVENTARIO GENERAL. SONDEOS HIDROGEOLÓGICOS DE MÁS DE 300 M. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-03-01-00-00. SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS. SECTOR GUADALQUIVIR..
BG-HI-03-02-00-00. SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-03-03-00-00. SONDEOS DE PETRÓLEO Y PROFUNDOS DE INTERÉS. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-04-01-00-00. PIEZOMETRÍA. MAYO DE 2008. SECTOR GUADALQUIVIR..
BG-HI-04-02-00-00. PIEZOMETRÍA. MAYO DE 2008. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-04-03-00-00. PIEZOMETRÍA. MAYO DE 2008. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-05-01-00-00. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. SECTOR GUADALQUIVIR.
BG-HI-05-02-00-00. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-05-03-00-00. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. CONDUCTIVIDAD/SALINIDAD. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-06-01-00-00. EXPLOTABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. SECTOR GUADALQUIVIR.
BG-HI-06-02-00-00. EXPLOTABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-06-03-00-00. EXPLOTABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. SECTOR ISLAS BALEARES.
BG-HI-07-01-00-00. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. SECTOR GUADALQUIVIR.
BG-HI-07-02-00-00. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. SECTOR PREBÉTICO-CAMPO DE CARTAGENA.
BG-HI-07-03-00-00. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. SECTOR ISLAS BALEARES.

ESQUEMAS HIDROGEOLÓGICOS:

BG-HI-08-01-00-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TRIÁSICO/CUENCA GUADALQUIVIR-PREBÉTICO.
BG-HI-08-02-00-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. JURÁSICO/CUENCA GUADALQUIVIR-PREBÉTICO.
BG-HI-08-03-01-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TERCIARIO BASAL/CUENCA GUADALQUIVIR-PREBÉTICO.
BG-HI-08-03-02-00. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PROFUNDO. TERCIARIO BASAL/CUENCA GUADALQUIVIR-PREBÉTICO (incluidas las Islas Baleares).



VOLUMEN IV – 2 Cadenas Béticas y Cuenca del Guadalquivir – Hidrogeología –

VOLUMEN IV-2 CADENAS BÉTICAS Y CUENCA DEL GUADALQUIVIR

MAPAS FASE DE DETALLE. ESTRUCTURAS

ÍNDICE DE MAPAS Y TABLAS:

BG-GE-01/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR N1. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-01/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR N1. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-01/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR N1. Tablas resumen.

BG-GE-02/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA ALTO GUADALQUIVIR. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-02/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA ALTO GUADALQUIVIR. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-02/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA ALTO GUADALQUIVIR. Tablas resumen.

BG-GE-03/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA GUADIANA MENOR. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-03/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA GUADIANA MENOR. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-03/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA GUADIANA MENOR. Tablas resumen.

BG-GE-04/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA SINCLINAL DE PÉTROLA. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-04/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA SINCLINAL DE PÉTROLA. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-04/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA SINCLINAL DE PÉTROLA. Tablas resumen.

BG-GE-05/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA SIERRA DE BENAJAMA a Y b. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-05/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA SIERRA DE BENAJAMA a Y b. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-05/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA SIERRA DE BENAJAMA a. Tablas resumen.
BG-GE-05/HIDRO-04-00. ESTRUCTURA SIERRA DE BENAJAMA b. Tablas resumen.

BG-GE-06/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA SIERRA DE SALINAS a Y b. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-06/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA SIERRA DE SALINAS a Y b. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-06/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA SIERRA DE SALINAS a. Tablas resumen.
BG-GE-06/HIDRO-04-00. ESTRUCTURA SIERRA DE SALINAS b. Tablas resumen.

BG-GE-07/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA MACARROBA. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-07/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA MACARROBA. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-07/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA MACARROBA. Tablas resumen.

BG-GE-08/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA MURCIA B1. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-08/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA MURCIA B1. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-08/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA MURCIA B1. Tablas resumen.

BG-GE-09/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA SIERRA SECA. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GE-09/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA SIERRA SECA. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GE-09/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA SIERRA SECA. Tablas resumen.

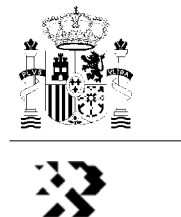
BG-GF-01/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA ALMONTE. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GF-01/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA ALMONTE. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GF-01/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA ALMONTE. Tablas resumen.

BG-GF-02/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA CAMPO DE GIBRALTAR. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GF-02/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA CAMPO DE GIBRALTAR. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GF-02/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA CAMPO DE GIBRALTAR. Tablas resumen.

BG-GF-03/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA FUENSANTA. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GF-03/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA FUENSANTA. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GF-03/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA FUENSANTA. Tablas resumen.

BG-GF-04/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR H1. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GF-04/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR H1. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GF-04/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA RÍO GUADALQUIVIR H1. Tablas resumen.

BG-GF-05/HIDRO-01-00. ESTRUCTURA BENEJÚZAR-ROJALES. Síntesis geológica/ hidrogeológica.
BG-GF-05/HIDRO-02-00. ESTRUCTURA BENEJÚZAR-ROJALES. Funcionamiento hidrogeológico/Datos complementarios.
BG-GF-05/HIDRO-03-00. ESTRUCTURA BENEJÚZAR-ROJALES. Tablas resumen.



VOLUMEN V Geología del Subsuelo

VOLUMEN V - GEOLOGÍA DEL SUBSUELO -

ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LA SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

Zona 1, Cadena Cantábrica y Cuenca del Duero

- ESTRUCTURA SAN PEDRO (CD-GF-01- GEOF-01-00 al CD-GF-01-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA EL CAMPILLO (CD-GF-02- GEOF-01-00 al CD-GF-02-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA EL BOÑAR (CD-GF-03- GEOF-01-00 al CD-GF-03-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA VILLAMERIEL (CD-GF-04- GEOF-01-00 al CD-GF-04-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA HONTOMIN (CD-GF-05- GEOF-01-00 al CD-GF-05-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA MIRANDA DE EBRO (CD-GF-06- GEOF-01-00 al CD-GF-06-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA RIBERO (CD-GF-07- GEOF-01-00 al CD-GF-07-GEOF-05-02)
- AREAS DE INTERES
 - PLATAFORMA BURGALESA - HUIDOBRO (CD-GF-08-01)
 - BOVEDA (CD-GF-08-02)
 - TREVIÑO - CUBETA ALAVESA (CD-GF-08-03)

Zona 2, Cadena Pirenaica y Cuenca del Ebro

- ESTRUCTURA LOPIN (PE-GF-01/GEOF-01-00 al PE-GF-01/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA MONEGRILLO (PE-GF-02/GEOF-01-00 al PE-GF-02/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA CASPE (PE-GF-03/GEOF-01-00 al PE-GF-03/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA REUS (PE-GF-04/GEOF-01-00 al PE-GF-04/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA CENTENERA (PE-GF-05/GEOF-01-00 al PE-GF-05/GEOF-05-02)
- AREAS DE INTERES
 - EBRO CENTRAL (PE-GF-06-01)

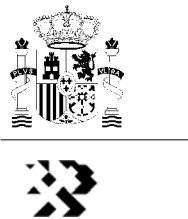
Zona 3, Cuenca Tajo-Ibérica-Levante

- ESTRUCTURA TRES CANTOS-S.S DE LOS REYES (IT-GF-01/GEOF-01-00 al IT-GF-01/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA PUERTA PAREJA (IT-GF-02/GEOF-01-00 al IT-GF-02/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA CUENCA DE ALMAZÁN MERIDIONAL (IT-GF-03/GEOF-01-00 al IT-GF-03/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA MAESTRAZGO 1 (IT-GF-04/ GEOF-01-00 al IT-GF-04/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA MAESTRAZGO 2 (IT-GF-05/GEOF-01-00 al IT-GF-05/GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA MAESTRAZGO 3 (IT-GF-06/GEOF-01-00 al IT-GF-06/GEOF-05-02)

ÍNDICE DE DOCUMENTOS DE LA SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

Zona 4, Cordillera Bética—Cuenca del Guadalquivir

- ESTRUCTURA ALMONTE (BG-GF-01- GEOF-01-00 al BG-GF-01-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA CAMPO DE GIBRALTAR (BG-GF-02- GEOF-01-00 al BG-GF-02-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA FUENSANTA (BG-GF-03- GEOF-01-00 al BG-GF-03-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA RIO GUADALQUIVIR H-1 (BG-GF-04- GEOF-01-00 al BG-GF-04-GEOF-05-02)
- ESTRUCTURA BENEJUZAR-ROJALES (BG-GF-05- GEOF-01-00 al BG-GF-05-GEOF-05-02)



VOLUMEN VII Panel de expertos

VOLUMEN VII
PANEL DE EXPERTOS
APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FAVORABILIDAD DE LAS ÁREAS/ESTRUCTURAS SELECCIONADAS COMO POTENCIALES ALMACENAMIENTOS GEOLÓGICOS DE CO₂

MAPAS

MAPA DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS	ES_PE_02-00-00-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS. REGIÓN BÉTICAS-GUADALQUIVIR	ES_PE_02-01-00-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS. REGIÓN IBÉRICA-TAJO	ES_PE_02-02-00-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS. REGIÓN CANTÁBRICA-DUERO	ES_PE_02-03-00-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS ESTUDIADAS. REGIÓN PIRINEO-EBRO	ES_PE_02-04-00-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS. FAVORABILIDAD / FIABILIDAD EN GEOLOGÍA	ES_PE_02-00-01-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS. FAVORABILIDAD / FIABILIDAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA	ES_PE_02-00-02-00
MAPA DE LAS ESTRUCTURAS SELECCIONADAS. FAVORABILIDAD / FIABILIDAD EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y ASPECTOS SOCIOAMBIENTALES	ES_PE_02-00-03-00