

Evolución del Sistema Poroso de Rocas Detríticas y Carbonatadas Expuestas SC CO₂ + Salmuera

/ EDGAR BERREZUETA (1*), TIMEA KOVACS (2), BERTA ORDÓÑEZ-CASADO (1)

(1) Instituto Geológico y Minero de España. C/ Matemático Pedrayes, 25. 33005, Oviedo (España)

(2) Freelance Consultant. C/ La Estrecha, 46, 16Q 4º Izq. 33011, Oviedo (España)

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta la caracterización petrográfica mediante Microscopía Óptica (MOP), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Análisis Óptico de Imágenes (AOI) de rocas (detríticas y carbonatadas) con potencial para almacenar CO₂. En particular, el estudio de los posibles cambios en la configuración del sistema poroso de las rocas estudiadas comparando muestras sin exponer a CO₂ con muestras expuestas a CO₂+salmuera en autoclave. La exposición de muestras a CO₂+salmuera se realizó en condiciones supercríticas (SC) (P: 7.5 MPa, T: 35 °C) durante 1000 h y en condiciones estancas). Los ensayos realizados se enmarcan en las actividades que realiza el IGME en temáticas relacionadas con el almacenamiento geológico de CO₂ en formaciones geológicas. Las muestras de rocas detríticas estudiadas corresponden a la unidad comúnmente conocida como areniscas de Utrillas (cuarzo-arenitas de la Formación Voznuevo de edad Cenomaniense, Cuenca del Duero). Las rocas carbonatadas estudiadas son carnioles (brechas carbonatadas pertenecientes a la formación Puerto de Palombara de edad Hettagiense, Cuenca Vasco-Cantábrica).

La captura y almacenamiento geológico de CO₂ es una de las diversas alternativas que se contempla como alternativa para reducir la concentración de gases invernadero en la atmósfera (Bachu, 2000). Las rocas sedimentarias en particular, debido a sus características mineralógicas y texturales, destacan como potenciales rocas almacén de CO₂. La optimización del proceso de inyección de CO₂ en formaciones geológicas requiere que éste se encuentre en condiciones SC (P>7.38 MPa, T>31.7 °C), situación que se consigue a profundidades mayores de 800 m. La viabilidad de la inyección y

el almacenamiento de CO₂ en una roca almacén con un sello impermeable dependerá fundamentalmente de la porosidad, permeabilidad y de las interacciones entre CO₂, roca y agua que se puedan producir (Ketzer et al., 2009). Estudios previos desarrollados por diversos autores (Rosenbauer et al., 2005) en condiciones similares a las planteadas en este trabajo indican que: la acidificación de la salmuera, debido a la disolución del CO₂ en ella, generaría una serie de precipitaciones y/o disoluciones en la roca huésped. Éstas variarían dependiendo de la composición mineral de la roca y de la evolución de las condiciones del entorno.

El objetivo de este trabajo es realizar una primera caracterización de los cambios en la configuración del sistema poroso de rocas en primeras fases de inyección de SC CO₂+salmuera en rocas detríticas y carbonatadas mediante la aplicación de MOP en combinación con SEM y AOI-MOP.

METODOLOGÍA

Las etapas seguidas en la determinación de posibles cambios del sistema poroso de rocas detríticas y carbonatadas después de ser expuestas a SC CO₂+salmuera en laboratorio incluyen:

- Selección de una zona de estudio con potencial para ser consideradas un almacén geológico de CO₂.
- Identificación específica de las rocas que se consideran almacén dentro de la zona de estudio y la recolección de muestras para los ensayos.
- Preparación de muestras para poder realizar ensayos y comparaciones entre roca fresca y roca expuesta a CO₂, intentando que las superficies estudiadas de las muestras (antes y después de CO₂) sean lo más próximas posibles (Fig. 1).
- Caracterización de las rocas antes de

estar en contacto con SC CO₂ mediante MOP, SEM y AOI.

- Exposición de muestras a SC CO₂+salmuera en autoclave (P≈7.5 MPa, T≈ 35°C, t=1000 h y sin flujo de CO₂).
- Caracterización de las rocas después de su exposición a CO₂ mediante MOP, SEM y AOI.
- Finalmente, comparación entre los resultados de los análisis y medidas obtenidos (antes y después de SC CO₂+salmuera).

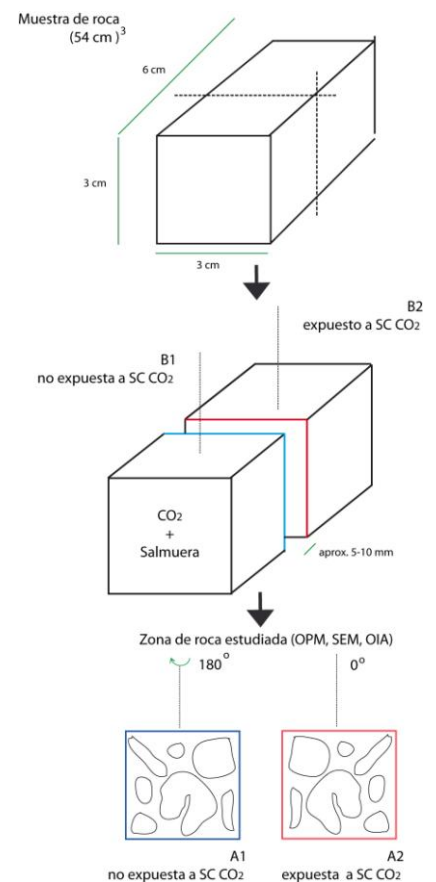


Fig. 1. Secuencia de preparación de muestras (antes-después de SC CO₂) (Berrezueta et al., 2015).

RESULTADOS

palabras clave: CO₂ Supercrítico, Rocas Detríticas, Carbonatos.

key words: Supercritical CO₂, Detrital Rocks, Carbonates.

Areniscas y Carniolas

La comparación entre las muestras de arenisca (cuarzo -95%, ortoclasa, moscovita, illita, carbonato, óxidos de Fe: cuarzo-arenita) no expuestas a CO₂ (U) y expuestas a SC CO₂ (U_CO₂) presentan algunas diferencias destacables en cuanto a la configuración de su sistema poroso. Se aprecia y cuantifica (Fig. 2a y Tabla 1) una variación, un aumento en la porosidad óptica de las muestras tratadas, un aumento en el número de poros (principalmente la generación de nuevos poros de pequeño tamaño <20 µm de diámetro) y una disminución del tamaño promedio de poro. También se pudo observar y cuantificar la disminución del promedio de la rugosidad y aspecto de los poros.

En el caso de las rocas carbonatadas estudiadas (calcita y dolomita -99%- donde destacan los fragmentos esparíticos sobre una matriz de microesparita-micrita: brecha carbonatada recristalizada) también presentan variaciones en cuanto a la configuración del sistema poroso, comparando muestras antes de CO₂ (C)

con muestras después de CO₂ (C_CO₂). A escala de lámina delgada, es posible apreciar (Fig. 2b) texturas de disolución en las muestras tratadas con SC CO₂+salmuera con la aparición de nuevos poros en la superficie de minerales de calcita (principalmente la generación de nuevos poros de pequeño tamaño <5 µm de diámetro). La cuantificación mediante AOI (Tabla 1) detectó un incremento de la porosidad óptica, una disminución del tamaño promedio de poro. Además, una disminución de la rugosidad promedio y un incremento del aspecto de los poros.

DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

La inyección de CO₂ en formaciones geológicas provoca una serie de cambios físicos y químicos que pueden modificar significativamente las propiedades del potencial reservorio. André et al. (2011) identifica diferentes zonas aledañas a la zona de inyección de CO₂ dependiendo del predominio de cambios geoquímicos derivados de la interacción roca+CO₂+fluido. En los casos abordados en el presente estudio los procesos de disolución han sido los dominantes (Ketzer et al., 2009 y

Rosenbauer et al., 2005) y sus manifestaciones, aunque menores han sido posible detectarlas en este estudio preliminar.

Aunque las superficies de las muestras comparadas (antes y después de SC CO₂ + salmuera) no son las mismas, el estudio del sistema poroso mediante MOP, SEM y AOI-MOP presenta una aproximación de la evolución del sistema poroso a escala de lámina delgada. Las observaciones y medidas realizadas ponen de manifiesto evidencias de reorganizaciones texturales y cambios mineralógicos en las muestras estudiadas. Los resultados obtenidos son coherentes con los esperados al exponer rocas sedimentarias con una salmuera acidificada con SC CO₂ aunque una caracterización detallada requiere estudios más pormenorizados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto ALGECO2-IRMC (IGME 2294-2013).

REFERENCIAS

- André, L., Audigane, P., Azaroual, M., Menjoz, A. (2007): Numerical modeling of fluid-rock chemical interactions at the supercritical CO₂-liquid interface during CO₂ injection into a carbonate reservoir, the Dogger aquifer (Paris Basin, France), *Energ. Convers. Manage.*, **48**, 1782-1797. DOI: 10.1016/j.enconman.2007.01.006
- Bachu, S. (2000): Sequestration of CO₂ in geological media: criteria and approach for site selection in response to climate change, *Energ. Convers. Manage.*, **41**, 953-970. DOI: 10.1016/S01968904(99)00149-1
- Berzuetza, E., Ordoñez-Casado, B., Quintana, L. (2016): Qualitative and quantitative changes in detrital reservoir rocks caused by CO₂-brine-rock interactions during first injection phases (Utrillas sandstones, northern Spain, *Solid Earth*, **7**, 37-53. DOI: 10.5194/se-7-37-2016
- Ketzer, J.M., Iglesias, R., Einloft, S., Dullius, J., Ligabue, R., De Lima, V. (2009): Water-rock-CO₂ interactions in saline aquifers aimed for carbon dioxide storage: experimental and numerical modeling studies of the Rio Bonito Formation (Permian), southern Brazil, *Appl. Geochem.*, **24**, 760-767, 2009. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2009.01.001
- Rosenbauer, R.J., Koksalan, T., Palandri, J.L. (2005): Experimental investigation of CO₂-brine-rock interactions at elevated temperature and pressure: implications for CO₂ sequestration in deep saline aquifers, *Fuel Proc. Technol.*, **86**, 1581-1597. DOI: 10.1016/j.fuproc.2005.01.011

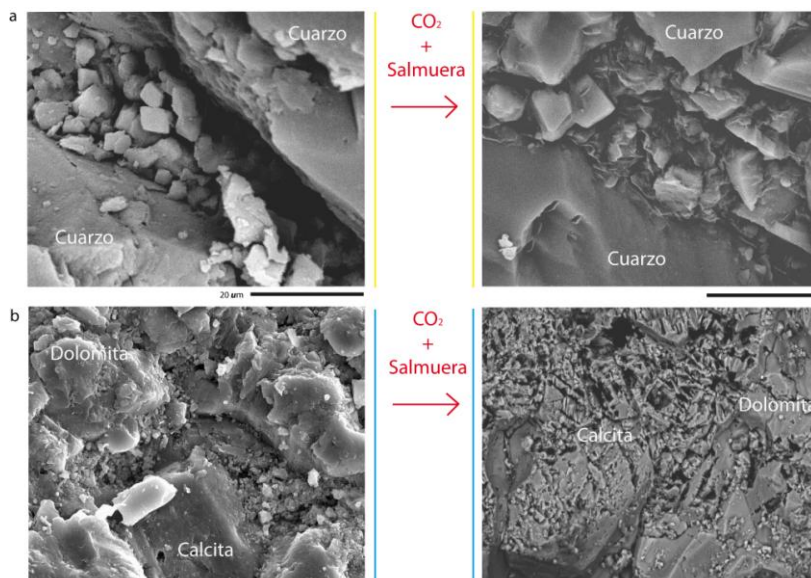


fig 2. Microfotografías comparativas de muestras de roca antes y después de la interacción con SC CO₂ + salmuera. A) Areniscas de Utrillas (U y U_CO₂). B) Carniolas (C y C_CO₂).

Sample	Porosity (%)	Porosity change	D (µm)	ΔD	Ro	ΔRo	As	ΔAs
U	9.55	2.52	44.05	(-)	0.57	(-)	2.11	(-)
U_CO ₂	12.07		40.10		8.97		0.55	
C	4.12	0.32	12.75	(-)	0.70	(-)	2.04	(+)
C_CO ₂	4.44		12.45		2.35		0.69	

Tabla 1. Parámetros de poro medidos sobre láminas delgadas mediante AOI-MOP. Δ es variación relativa en porcentaje, D es el diámetro promedio en micras, Ro es la redondez promedio y As es el aspecto promedio.