

Análisis del comportamiento de hormigones en procesos de carbonatación mineral para la captura de CO₂

Rocío Baya-Arenas (1), Patricia Aparicio (1*), Vicente Flores (2), Domingo Martín-García (1),

(1) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química, Universidad de Sevilla, 41012, Sevilla (España)

(2) Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, E.T.S. de Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla, 41012, Sevilla (España)

*corresponding author: paparicio@us.es

Palabras Clave: Carbonatación mineral, Captura de CO₂, Hormigones. | **Key Words:** Mineral carbonation, CO₂capture, Concrete.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un desafío a largo plazo, pero requiere una acción urgente debido al ritmo de la acumulación de los gases de invernadero en la atmósfera y a los riesgos de que la temperatura aumente, ya que las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial (IPPC, 2013). Para mitigar las consecuencias de esta situación global, las emisiones de CO₂ deberían reducirse y las principales medidas propuestas conducen a reducir el consumo de energía de la quema de combustibles fósiles, promover el uso de energías procedentes de fuentes no contaminantes y el uso de tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO₂.

La carbonatación mineral es un proceso que imita los fenómenos que ocurren durante la meteorización de las rocas. Este proceso fue propuesto como alternativa a la reducción de CO₂ (Seifritz, 1990), y tiene la ventaja de que los minerales formados son similares, a los productos finales de los procesos geológicos que son estables a lo largo de periodos geológicos. El desafío es acelerar estas reacciones naturales hasta el punto donde el CO₂ puede ser fijado a la misma velocidad que se genera en la quema de combustibles fósiles.

En este trabajo se han evaluado las posibilidades de carbonatación mineral de distintas tipologías de hormigones a través de un proceso que pueda ser económico y rentable a gran escala y viable desde el punto de vista medioambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo una serie de ensayos cualitativos y cuantitativos para relacionar los parámetros que caracterizan al material con las cinéticas de carbonatación. Los materiales empleados para el estudio

fueron 3 hormigones de árido calizo de diferentes resistencias mecánicas (20, 25 y 30 N/mm²) y 2 hormigones de árido silíceo (de 20 y 30 N/mm², respectivamente). Las muestras fueron trituradas y homogeneizadas y caracterizadas desde el punto de vista mineralógico por difracción de rayos X (DRX) y desde el punto de vista químico por fluorescencia de rayos X (FRX).

Una vez realizada la caracterización previa, se seleccionaron aquellos hormigones que presentaban mejores cualidades según el contenido en calcio y magnesio para ensayar su reactividad con el CO₂ en los reactores estancos de acero inoxidable con las siguientes condiciones de ensayo: 10 bar de presión, 4:1 relación sólido/agua (20% de humedad) y temperatura ambiente.

El contenido en carbonato de las muestras carbonatadas en reactor se determinó mediante dos métodos analíticos: análisis térmico diferencia/termogravimétrico y analizador elemental para C. Su presencia fue corroborada por DRX y microscopía electrónica de barrido (SEM/EDX). La cuantificación de las fases minerales por DRX se realizó de forma semicuantitativa utilizando el método de intensidades de referencia.

En las muestras que presentaron mayor ratio de carbonatación se estudió tanto el sistema poroso (micro- y nanoporosidad) mediante isoterma de adsorción de N₂ y CO₂ La macro- y mesoporosidad se estudiaron utilizando un porosímetro de intrusión de mercurio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización y selección de las muestras

El contenido en CaO varía desde un 9,88% a un 50,13%, y el contenido en MgO varía entre un 0,5% y un

5,46%. También el contenido en SiO₂ es bastante diverso y varía, de acuerdo con el tipo de hormigón entre 6,62% y 70,61%. En los DRX puede comprobarse la concentración de las fases minerales, que corresponden en su mayoría a calcita (CaCO₃), dolomita (MgCO₃), y cuarzo (SiO₂). Junto a estas fases se encuentran otras potencialmente carbonatables como portlandita, wollastonita y anortita.

Tras evaluar su composición básica se seleccionaron tres muestras (Hs1, Hs2 y Hc1) para el estudio completo de carbonatación. Sobre las muestras seleccionadas, de acuerdo con los criterios indicados, se estudió la carbonatación mineral en diferentes periodos de tiempo; 24 horas, 5 días, 10 días y 30 días. A partir de la evaluación del proceso en función del tiempo, se complementó el estudio con el hormigón que presentó el comportamiento más favorable, analizándose la influencia del tamaño de partícula y reproduciéndose los ensayos de caracterización sobre muestras de tamaños de 2 mm, 1 mm y 500 µm. (Tabla 1).

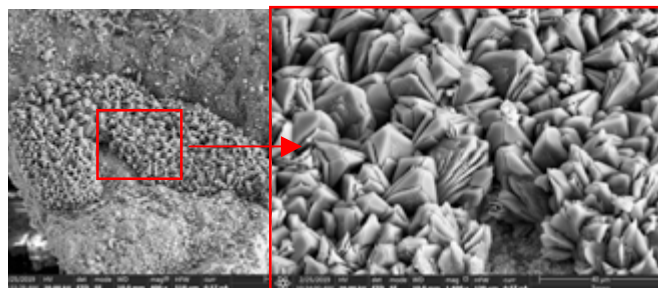


Fig 1. Observaciones al SEM de cristales de calcita en la muestra Hs1 de tamaño 500 µm

CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra la posibilidad de utilizar residuos de hormigones para la carbonatación mineral en poco tiempo. El rendimiento de la carbonatación es mayor a menor tamaño de grano. Se consigue un 15% de retención en forma de carbonato tras 30 días de reacción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con el Proyecto de Excelencia P12-RNM-568 financiado por la Junta de Andalucía (Consejería de Economía y Conocimiento) (P12-RNM-568 MO Project).

Los análisis por DRX, FRX, SEM, Isotermas de adsorción y porosimetría de intrusión de Hg se han realizado en el Centro de Innovación, Tecnología e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS).

REFERENCIAS

- IPCC. (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 11).
 Seifritz W. (1990): CO₂ disposal by means of silicates. Nature 345, <https://doi.org/10.1038/345486b0>. 486–486.

Tipo de Hormigón	Muestras preseleccionadas	Tamaño grano (mm)	Presión (bar)	Tiempo (días)	PC (%)	P(CaCO ₃) (%)	ΔCaCO ₃ (%)		
Árido silíceo	Hs1 Original	-	-	0	2,03	4,60	0,00		
	Hs1	2	10	1	2,13	4,84	0,24		
			10	5	2,84	6,51	1,91		
			10	10	3,09	7,03	2,43		
			10	30	3,39	12,25	7,65		
		10	1	5,84	13,28	8,68			
		10	5	6,32	14,37	9,77			
	Hs1	1	10	10	6,85	15,57	10,97		
			10	30	7,03	16,21	11,61		
			10	1	7,0	13,91	11,31		
			10	5	7,1	16,14	11,54		
	Hs1	0,5	10	10	8,01	18,21	13,61		
			0,5	1	30	8,53	19,39	14,79	
			Hs2 Original	-	-	0	7,84	18,01	13,41
			Hs2	0,5	10	30	5,38	12,36	0,00
10	1	5,66			13,00	0,64			
10	5	6,19			14,22	1,86			
10	10	6,27			14,40	2,04			
Árido calizo	Hc1 Original	-	-	0	21,51	48,89	0,00		
	Hc1	0,5	10	1	21	46,73	0,00		
			10	5	20,93	48,57	0,00		

Tabla 1. Ensayos de carbonatación de las muestras seleccionadas

La muestra de Hs1 de tamaño de grano de 500 µm obtuvo el mayor rendimiento en la carbonatación alcanzándose un 14,79% de calcita de nueva creación. En la figura 1 se observa la morfología de los cristales de carbonatos neoformados.

Las isoterma de adsorción de N₂ y CO₂ de la muestra Hs1 500 µm tratada durante 30 días es más baja que la adsorción en el hormigón original. Esta disminución debe estar relacionada con la retención química de CO₂. La porosimetría de intrusión de mercurio también indica que el tratamiento con CO₂ produjo una disminución en la macro- y mesoporosidad debido a la retención química de CO₂.