

# Residuos de construcción y su potencial aplicación en el tratamiento de drenaje ácido de minas

Mario Márquez-Lobo (1), Antonio Romero-Baena (1), Cinta Barba-Brioso (1), Olivia Lozano-Soria (1), Joaquín Delgado (1\*)

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

\* corresponding author: [jdelgado15@us.es](mailto:jdelgado15@us.es)

**Palabras Clave:** Aguas ácidas, reutilización de residuos, RCD. **Key Words:** Acid water, waste reutilization, C&DW.

## INTRODUCCIÓN

El drenaje ácido de minas (DAM) es uno de los principales problemas ambientales a nivel global. Este fenómeno que consiste en la generación de aguas ácidas con alta carga metálica se produce cuando los productos de desecho minero ricos en sulfuros se oxidan a la intemperie. En las últimas décadas se han desarrollado diversos sistemas de tratamiento, y entre ellos, el sistema pasivo sustrato alcalino disperso (DAS), descrito por Rötting et al. (2008), basado en columnas que contienen sustratos ricos en Ca y Mg dispuestos sobre virutas de madera para maximizar el área de reacción, ha resultado ser un método eficiente. Por ejemplo, estudios recientes de laboratorio han demostrado su elevada capacidad de neutralización de acidez y retención metálica (Delgado et al., 2019), fijando alrededor del 100% para Fe, Al y Cu, más del 70% para el resto de los elementos (As, Cd, Co, Ni, Pb, Zn) y 25% para  $\text{SO}_4^{2-}$ . Sin embargo, la principal dificultad para implementar este tipo de sistemas de remediación de DAM a gran escala es el volumen y el alto coste asociado de los materiales reactivos a emplear (Barba-Brioso et al., 2023), haciendo inviable que sean sistemas pasivos. Por ello, este estudio pretende demostrar el potencial uso de residuos de la construcción y demolición (RCD) en sistemas tipo DAS, reemplazando a materiales reactivos de Ca y Mg de alta pureza y sobre todo costosos, con el objetivo de lograr un tratamiento efectivo y económicamente viable para este problema ambiental. Además, su utilización contribuiría de manera notable a la economía circular, dando a dichos residuos derivados de la construcción un uso ambientalmente sostenible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

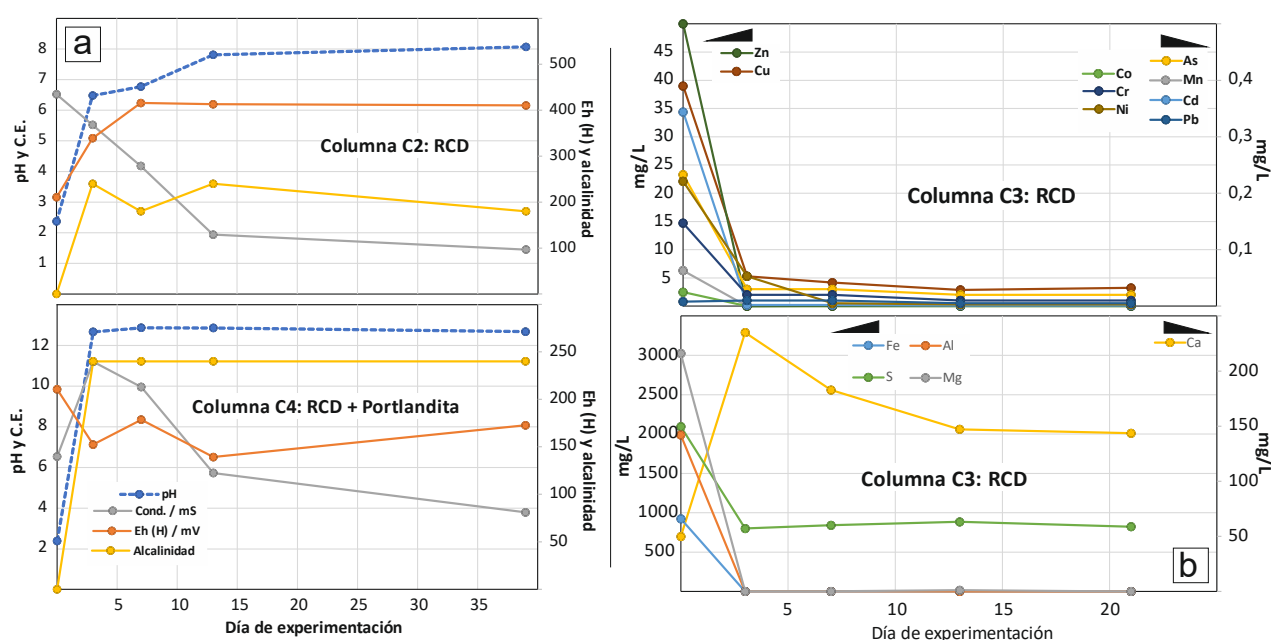
El área de estudio se ubicó en la mina La Preciosa II (Peñaflor, Sevilla), una pequeña mina abandonada de la Faja Pirítica Ibérica, donde antiguas galerías de extracción y residuos de pirita incontrolados en la superficie generan DAM, con valores de pH 2,66, conductividad 5,31 mScm<sup>-3</sup> y alta carga metálica, que acaba desembocando en un tributario del río Guadalquivir. Para su tratamiento se construyeron en laboratorio un total de 4 columnas de lixiviación directa basadas en los sistemas DAS, en las cuales se prepararon reactivos con diferentes tamaños de grano y dosificaciones para encontrar un equilibrio entre la reactividad y la permeabilidad (Tabla 1). Se procedió a un regado semanal con 150ml de AMD, y se recogieron lixiviados los días 19, 22, 26 y 29 de febrero; y 3 y 11 de marzo de cada una de las cuatro columnas en estudio. Se determinaron pH, Eh, conductividad y temperatura mediante sonda multiparamétrica, y la alcalinidad (como meq.  $\text{CaCO}_3$ ) mediante test rápido de laboratorio. Las muestras correctamente tratadas fueron almacenadas en refrigerador para la determinación de elementos mayores y traza mediante ICP-OES y aniones por cromatografía en los servicios centrales I+D de la Universidad de Sevilla.

**Tabla 1.** Dosificaciones propuestas para las columnas DAS de laboratorio.

C1		C2		C3		C4	
Material	% (v/v)	Material	% (v/v)	Material	% (v/v)	Material	% (v/v)
Viruta	75	Viruta	60	Viruta	65	Viruta	50
CDR (0,5-1mm)	25	CDR (<4 mm)	40	CDR (0,5-1 mm)	25	CDR (<4 mm)	40
				Portlandita	10	Portlandita	10

## HIDROQUÍMICA DE LOS LIXIVIADOS

Los valores de pH y concentraciones de metales obtenidos indican que las dosificaciones de reactivos propuestas tienen alta capacidad para neutralizar la acidez del AMD. El monitoreo durante dos meses de las columnas de lixiviación pone de manifiesto que los pares de columnas 1 y 2 (RCD) y 3 y 4 (RCD + Portlandita) presentaron un comportamiento hidroquímico similar (Fig. 1a), siendo el pH medio 8 (C1-C2) y superior a 12 en C3-C4, por la reactividad superior que aporta la portlandita. Los elementos contaminantes típicos del AMD (Fe, Al, Cu, Pb, Zn) disminuyen por debajo del límite de detección en las columnas C1 y C2, aunque son algo más elevados para Cu en C3 y C4 probablemente debido a su desorción a elevados pH. Además, es significativa la eliminación de  $\text{SO}_4^{2-}$  superior al 50%, alcanzando valores medios menores a 1000 mg/L lo que permite el vertido de las aguas tratadas a los cauces naturales (C4 cercano a 500 mg/L, Fig. 1b). Dichos valores son prometedores, ya que según Delgado et al. (2019) dicha eliminación no ha sido tan efectiva en otros estudios. Es importante destacar el aumento de la alcalinidad por encima de 200 meq.  $\text{CaCO}_3$  que, además, parecen asegurar una buena reactividad con el tiempo, y que permite la eliminación de la acidez neta en el sistema por encima del 97% en todos los caos. El sistema fue capaz de neutralizar de media 1324, 922, 141, 36 y 50 mg/L de S, Fe, Al, Cu y Zn, además de 2.6, 0.2, 0.3, 2.3, 0.13, 0.17, 0.002 mg/L de AMD tratado de Mn, As, Cd, Co, Cr, Ni y Pb.



**Fig 1.** a) Evolución temporal de parámetros fisicoquímicos y alcalinidad de las columnas C2 y C4, con reactivos de RCD y RCD + portlandita; b) Evolución temporal de la concentración de elementos traza en la columna C3 (tomada como ejemplo de eliminación de la carga metálica del AMD).

El uso de RCD como material reactivo de bajo coste en sistemas DAS es efectivo y capaz de retener elementos traza potencialmente contaminantes derivados de fuentes de AMD. Sin embargo, aunque la eliminación ha sido mayor en las columnas en las que se ha utilizado portlandita (C3 y C4), la alcalinidad de sus lixiviados es demasiado alta para su posible descarga en cuencas fluviales, unido a la posible redisolución de elementos tóxicos como el Cu. Se pretende profundizar en la investigación sobre la implementación de RCD combinados con otros residuos en sistemas de tipo DAS, mediante experimentación en laboratorio con un sistema complejo (varias etapas) y caudal constante a lo largo de un período extendido, evaluando así la efectividad del reactivo en el largo plazo.

## REFERENCIAS

- Rötting, T.S., Thomas R. C., Ayora, C. y Carrera, J. (2008): Passive treatment of acid mine drainage with high metal concentrations using dispersed alkaline substrate. *J Environ Qual.*, **37**, 1741-1751. DOI: [10.2134/jeq2007.0517](https://doi.org/10.2134/jeq2007.0517).
- Delgado J., Barba-Brioso C., Ayala D., Boski T., Torres S., Calderón E. y López F. (2019). Remediation experimento of Ecuadorian acid mine drainage: geochemical models of dissolved species and secondary minerals saturation. *ESPR*, **26**, 34854-34872. DOI: [10.1007/s11356-019-06539-3](https://doi.org/10.1007/s11356-019-06539-3).
- Barba-Brioso, C., Martín, D., Romero-Baena, A., Campos, P. y Delgado, J. (2023): Revalorisation of Fine Recycled Concrete in Acid Mine Water Treatment: A Challenge to a Circular Economy. *Minerals* **13**(8), 1028. DOI: [doi.org/10.3390/min13081028](https://doi.org/10.3390/min13081028).