

Tratamiento Pasivo Piloto de un Drenaje Ácido de Mina con Alta Carga Metálica en Monte Romero (Faja Pirítica Ibérica)

/ FRANCISCO MACÍAS SUÁREZ (1,*), MANUEL A. CARABALLO MONGE (1), JOSE MIGUEL NIETO LIÑÁN (1), CARLOS AYORA IBÁÑEZ (2)

(1) Departamento de Geología. Universidad de Huelva. Avda. Fuerzas Armadas s/n. 21071, Huelva (España)

(2) Institute of Environmental Assessment and Water Research, CSIC, Jordi Girona 18. E-08034, Barcelona (España)

INTRODUCCIÓN.

El drenaje ácido de mina (AMD) es uno de los principales problemas medioambientales causados por la minería de sulfuros metálicos. Un claro ejemplo de esta contaminación lo encontramos en la Faja Pirítica Ibérica (FPI) y concretamente en la provincia de Huelva, donde dos de sus principales ríos, el Tinto y el Odiel, presentan altos niveles de contaminación por AMD.

Los sistemas de tratamiento pasivo clásicos no tienen aplicabilidad a la hora de tratar aguas con altas concentraciones metálicas, típicas en la FPI, presentando serios problemas de colmatación y pérdida de reactividad. Para solventar estos problemas se ha desarrollado el sistema de tratamiento pasivo sustrato alcalino disperso (DAS) (Rötting *et al.*, 2008), el cual ha sido evaluado con éxito a escala piloto y a escala real (Caraballo *et al.*, 2009, Caraballo *et al.*, 2008).

Sin embargo, las experiencias previas no han logrado alcanzar la total descontaminación metálica de estas aguas, encontrándose los mayores problemas a la hora de retener metales divalentes tales como Zn, Mn, Cd, Co y Ni.

El resumen que se presenta a continuación expone los primeros meses de funcionamiento de un sistema de tratamiento pasivo, basado en el uso de caliza y MgO, capaz de retirar la totalidad de contaminantes metálicos presentes en un agua de mina altamente contaminada.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El sistema de tratamiento se encuentra ubicado en el complejo minero abandonado de Monte Romero, en las inmediaciones de Cueva de la Mora

(Almonaster la Real) y está constituido por las siguientes partes: en primer lugar almacenando el AMD surgente de un pozo de ventilación y tras circular por varios metros de terrazas de Fe, se encuentra un dique de 100 m³ de capacidad, en el cual mediante la actividad de bacterias ferrooxidantes se produce una importante oxidación y precipitación de Fe. El agua de este dique conducida por una tubería entra en el primer tanque reactivo DAS-calizo, el cual está conectado en serie con dos decantadores, un segundo tanque DAS-calizo, con otros dos decantadores y un último tanque reactivo DAS-magnésico. Las principales características de las diferentes partes del sistema de tratamiento se encuentran resumidas en la Tabla 1.

El drenaje del pozo de ventilación presenta un pH de 3-3.5, un pE en torno a 8-9.5, entre 2 y 4 mS de conductividad y alrededor de un 10% de oxígeno disuelto, tiene una acidez neta de unos 1800 mg/L como CaCO₃ equivalentes y contiene alrededor de 440 mg/L de Zn, 330 mg/L de Fe (98% Fe(II)), 100 mg/L de Al, 15 mg/L de Mn y 0.1-3 mg/L de Cu, As, Pb, Cr, Cd, Co y Ni.

El caudal variable del pozo es regulado por una válvula a la entrada del primer tanque reactivo, para obtener unos tiempos de residencia de 1.5 días para los tanques calizos, 6 días en los decantadores y 0.5 días en el tanque

magnésico se regula un caudal de entrada de 1000 mL/min.

Se realizaron muestreos bisemanales en diferentes puntos de control a lo largo del sistema de tratamiento, en todos los muestreos se midieron los parámetros físico-químicos (pH, Eh, conductividad y oxígeno disuelto) in situ y se obtuvieron muestras para analizar la concentración metálica mediante ICP-OES.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los primeros análisis hidroquímicos realizados a lo largo del sistema de tratamiento presentan unos resultados preliminares muy alentadores, mostrando una total eliminación de metales del AMD tratado.

En primer lugar podemos observar como en el pretratamiento natural desarrollado en el dique se produce una importante retirada de Fe (Fig. 1), junto con la cual se produce una gran retención de As, la cual puede superar el 70% del As original contenido en el AMD (Fig. 2). Esta retención de Fe se debe a la precipitación de schwertmannita, mineral descrito en las terrazas de hierro de Monte Romero (Acero *et al.*, 2006), en sistemas de tratamiento pasivo tipo DAS (Caraballo *et al.*, 2009) y del cual es conocida su importancia en mineralogía ambiental por ser sumidero de As (Asta *et al.*, 2010).

	Capacidad (m ³)	Relleno reactivo	Proceso principal
Dique	100	Sin relleno	Oxidación/precipitación de Fe (actividad bacteriana)
DAS-Cal	3	80% virutas madera 20% arena caliza	Generación alcalinidad, retención Fe, Al...
Decantador	6	Sin relleno	Consumo alcalinidad, retención Fe, Al...
DAS-MgO	1	80% virutas madera 20% polvo magnésico	Retención metales divalentes (Zn, Mn, Cd, Co...)

Tabla 1. Principales características del sistema de tratamiento pasivo de Monte Romero.

palabras clave: tratamiento pasivo, drenaje ácido de mina, metales divalentes.

key words: passive remediation, acid mine drainage, divalent metals.

En la parte caliza del sistema de tratamiento (DAS-Cal) la disolución de la calcita eleva el pH a valores próximos a 6. Por ello se produce la retirada en forma de schwertmannita del resto de Fe y As que no fue retenida en el dique (Fig. 1 y 2). En los mismos tanques reactivos calizos encontramos el 100% de remoción para Al, Cu y Pb (Fig. 1 y 2) mediante la precipitación de hidrosulfatos de Al tipo hidrobasaluminita.

Por último en la sección final del sistema de tratamiento, la disolución del óxido de magnesio (DAS-MgO) eleva el pH a valores próximos a 8.5. Esto produce la retención de la totalidad de Zn, Mn, Cd, Co y Ni presentes en el AMD (Fig. 1 y 2), vía precipitación de hidrosulfatos de Zn tipo schulenbergita y sauconita, hidróxidos de Mn(III) y Mn(IV), e hidróxidos de Ni y Co.

Información más detallada sobre los procesos de retención metálica y la mineralogía de los precipitados del interior de los tanques reactivos tipo Das puede encontrarse en Caraballo et al., 2009.

CONCLUSIONES.

El sistema de tratamiento pasivo DAS, a escala de planta piloto, utilizando arena caliza como material reactivo para la remoción de metales trivalentes, y utilizando polvo de óxido de magnesio para la retirada de metales divalentes, ha demostrado ser capaz de eliminar la totalidad de metales presentes en un AMD con alta carga metálica.

Parte fundamental para optimizar el buen funcionamiento del sistema DAS es el pretratamiento natural en el dique, ya que oxida y precipita gran parte del Fe, lo cual favorece la retención metálica en los tanques reactivos DAS y retarda la colmatación y pasivación del material reactivo por precipitados de Fe(III).

AGRADECIMIENTOS.

Este estudio ha sido financiado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y por el proyecto CTM2007-66724-C02/TECNO del Ministerio de Ciencia e Innovación. Se agradece la financiación concedida a F. Macías dentro del programa de ayudas Predoctorales de Formación de Personal Investigador (BES-2008-003575).

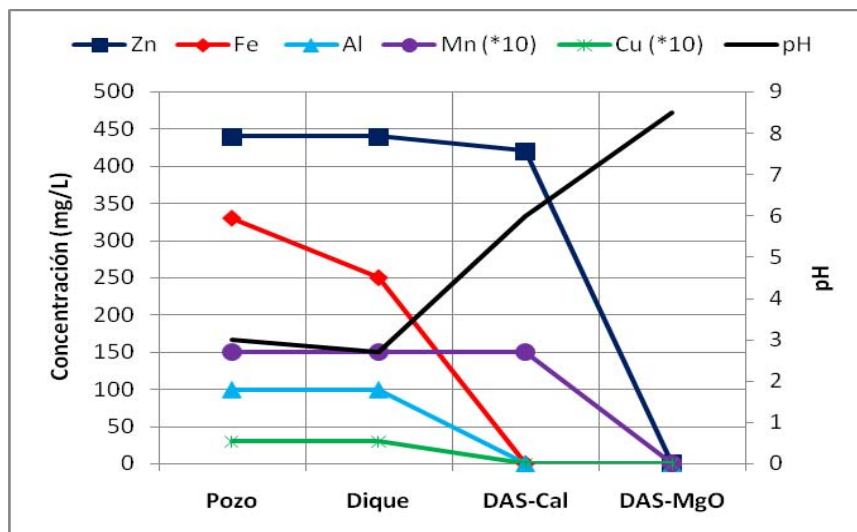


Fig. 1. Evolución de la concentración metálica en los diferentes puntos del sistema de tratamiento para elementos mayoritarios. Muestreo realizado en Agosto de 2009.

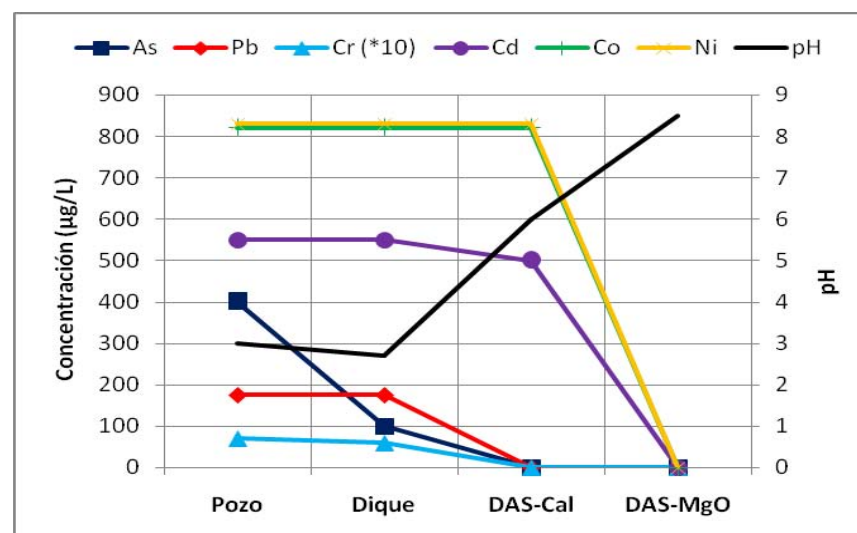


Fig. 2. Evolución de la concentración metálica en los diferentes puntos del sistema de tratamiento para elementos minoritarios. Muestreo realizado en Agosto de 2009.

REFERENCIAS.

- Acero, P., Ayora, C., Torrento, C., Nieto, J.M. (2006): The behavior of trace elements during schwertmannite precipitation and subsequent transformation into goethite and jarosite. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, **70**, 4130-4139.
- Asta, M.P., Ayora, C., Román-Ross, G., Cama, J., Acero, P., Gault, A.G., Charnock, J.M., Bardelli, F. (2010): Natural attenuation of arsenic in the Tinto Santa Rosa acid stream (Iberian Pyritic Belt, SW Spain): The role of iron precipitates. *Chemical Geology* **271**, 1-12.
- Caraballo, M.A., Rötting, T.S., Macías, F., Nieto, J.M., Ayora, C. (2009): Field multi-step limestone and MgO passive system to treat acid mine drainage with high metal concentrations. *Applied Geochemistry*, **24**, 2301-2311.
- , Macías, F., Rötting, T.S., Nieto, J.M., Ayora, C. (2008): Funcionamiento Geoquímico de un Sistema Calizo de Tratamiento Pasivo de Aguas Ácidas de Mina (Faja Pirítica Ibérica, Huelva). *Macla*, **9**, 61-62.
- Rötting, T.S., Caraballo, M.A., Serrano, J.A., Ayora, C., Carrera, J. (2008): Field application of calcite Dispersed Alkaline Substrate (calcite-DAS) for passive treatment of acid mine drainage with high Al and metal concentrations. *Applied Geochemistry*, **23**, 1660-1674.