

# Tratamiento Pasivo de Aguas Ácidas de Mina: Evaluación de la Eficiencia de un Sistema a Escala Real en Mina Esperanza (Faja Pirítica Ibérica)

/ MANUEL A. CARABALLO MONGE (1,\*), FRANCISCO MACÍAS SUÁREZ (1), JOSÉ 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 for Environmental Assessment and Water Research, CSIC, Jordi Girona 18. E-08034, Barcelona (España)

## INTRODUCCIÓN.

Durante los últimos años han sido varias las experiencias de campo llevadas a cabo en la Faja Pirítica Ibérica (FPI) para implementar un sistema de tratamiento pasivo capaz de alcanzar una óptima descontaminación de las aguas de la región afectadas por drenaje ácido de mina (AMD) (Caraballo et al., 2008, Rötting et al., 2008). Gracias a los conocimientos adquiridos en el diseño y funcionamiento durante estas experiencias previas, fue desarrollado el sistema a escala real de tratamiento pasivo de aguas ácidas de Mina Esperanza.

Este sistema ha sido estudiado desde muy diversos puntos de vista a lo largo de sus 20 meses de funcionamiento, así se han controlado los factores involucrados en el buen funcionamiento hidráulico del sistema, las variaciones hidroquímicas sufridas por el agua en los diversos pasos que constituyen el sistema, la mineralogía de los precipitados desarrollados a lo largo del

mismo así como la eficiencia alcanzada por las distintas secciones en la retirada de metales del agua tratada.

El funcionamiento geoquímico del material reactivo tipo DAS-Calizo empleado en el tratamiento (20 % v/v de arena caliza dispersada en una matriz inerte formada por un 80% v/v de virutas de madera de pino), además de una modelización de las posibles fases minerales responsables de la retirada metálica en el interior del tanque reactivo fue presentado con anterioridad (Caraballo et al., 2008), por lo que el presente resumen se centrará en mostrar el funcionamiento hidroquímico general del sistema así como la retirada metálica alcanzada.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

El sistema de Mina Esperanza está compuesto por un tanque reactivo de 480m<sup>3</sup> de capacidad (15m x 8m x 4m), relleno con material reactivo tipo DAS-Calizo al cual se le hace llegar el agua procedente de la bocamina mediante un

canal abierto. Este tanque reactivo se encuentra conectado a su vez mediante canal abierto con una piscina decantadora (10mx3mx2m) (Fig. 1).

Durante los 20 meses de funcionamiento se tomaron muestras bisemanales de agua en 6 puntos representativos del sistema (Fig. 2). Esta agua fue analizada mediante ICP-OES para determinar su contenido metálico. En estos mismos puntos de control se realizaron in situ medidas de diversos parámetros físico-químicos tales como pH, Eh, conductividad y oxígeno disuelto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El papel desempeñado en la retirada metálica por las distintas partes constitutivas del sistema queda plasmado en los datos de la Figura 2, donde puede observarse como el agua procedente de la bocamina muestra un alto contenido metálico así como un pH muy bajo (en torno a 2,5). Esta agua al discurrir a través del material reactivo y producir la disolución de caliza aumenta

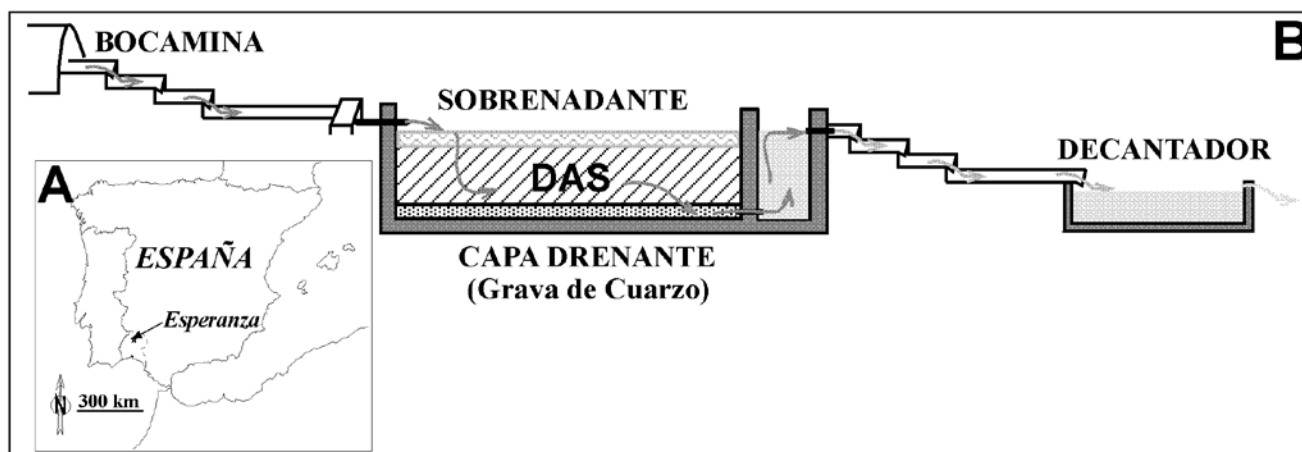


fig 1. A) Localización general del sistema de tratamiento pasivo de Mina Esperanza y B) sección transversal de los elementos constitutivos del sistema (no a escala)

**palabras clave:** Drenaje Acido de Mina, Tratamiento Pasivo

**key words:** Acid Mine Drainage, Passive Treatment

significativamente su pH para alcanzar valores cercanos a 6 en la salida del tanque reactivo y próximo a 6,5 en la salida del decantador (esta última subida de pH es producto de la pérdida de CO<sub>2</sub> del agua al entrar en contacto nuevamente con la atmósfera). Estos cambios en el pH inducen una precipitación masiva y total del Al en el interior del material reactivo (Fig. 2) así como la retirada por fenómenos de adsorción/coprecipitación de otros elementos tales como el Cd. En cuanto a la retirada de Fe puede observarse como se lleva a cabo a lo largo de todo el sistema, mostrando una especial eficiencia en la sección del tanque reactivo. Asociada a esta retirada de hierro son eliminados totalmente del agua otros contaminantes tóxicos como el As (Fig. 2).

De forma estable en el tiempo se consiguió una retirada relativa porcentual de metales del agua tratada que alcanzó el 100% para Al, As, Cu, Pb, Cd y V, 90-100% para Ti y Cr, 60% de Si, así como 30% para Fe en la salida de tanque reactivo y 40% en la salida del decantador, además de una eliminación de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> del 15%, a pesar de no ser un sistema sulfato-reductor. Esta retirada de contaminantes implicó la remoción de 2,7 Tm de Al, 7,1 Tm de Fe, 6,9 Tm de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 0,6 Tm de Si, 0,3 Tm de Cu y 0,1 Tm de Zn, entre otros.

Para obtener una mejor idea de la gran eficiencia alcanzada por el sistema de tratamiento de Mina Esperanza se compararon los datos obtenidos con los ofrecidos por el estudio realizado por Ziemkiewicz *et al.*, (2003) para 82 sistemas de tratamiento pasivo de aguas ácidas en USA. Como parámetro

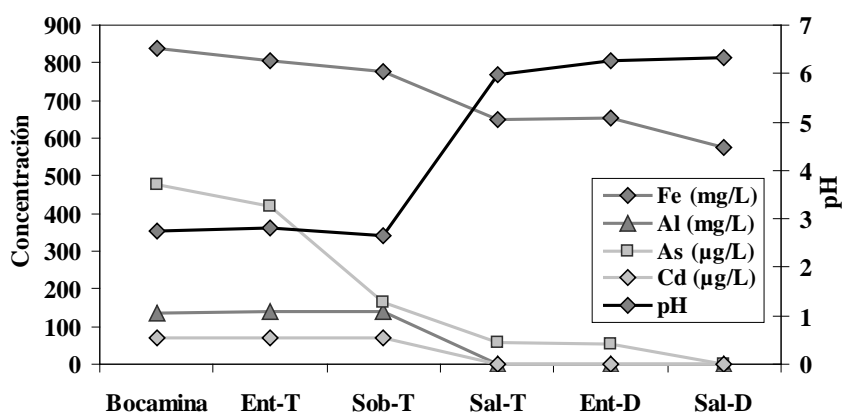


fig 2. Retirada metálica a lo largo del sistema para algunos metales representativos (Septiembre de 2007). Ent-T = entrada tanque, Sob-T = sobrenadante tanque, Sal-T = salida tanque, Ent-D = entrada decantador y Sal-D = salida decantador.

comparativo se eligió la acidez neta retirada por el sistema, calculándose la acidez neta como:  $Acidez\ Neta = 50045 \cdot (3 \cdot C_{Al} + 2 \cdot C_{Fe} + 2 \cdot C_{Mn} + 2 \cdot C_{Zn} + 10^{-pH}) - alk$ . Como puede observarse en la figura 3, la acidez neta retirada por el sistema de Mina Esperanza suele estar entre 1 ó 2 órdenes de magnitud por encima de lo alcanzado por otros sistemas tradicionales de tratamiento pasivo de AMD.

### CONCLUSIONES.

El sistema de tratamiento pasivo de aguas ácidas implementado en Mina Esperanza ha logrado alcanzar una elevada eficiencia en cuanto a eliminación de contaminantes metálicos del agua así como un óptimo funcionamiento hidráulico a lo largo de sus 20 meses de funcionamiento, posicionándose como una herramienta real para enfrentarse a este tipo de contaminación ambiental

### 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.

### REFERENCIAS.

- 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 concentration. *Applied Geochemistry*, **23**, 1660-1674.
- Caraballo, M.A., 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 Piritica Ibérica). *Macla*, **9**, 61-62.
- Ziemkiewicz, P.F., Skousen, J.G., Simmons, J. (2003): Long-term performance of passive acid mine drainage treatment systems. *Mine Water and the Environment*, **22**, 118-129.

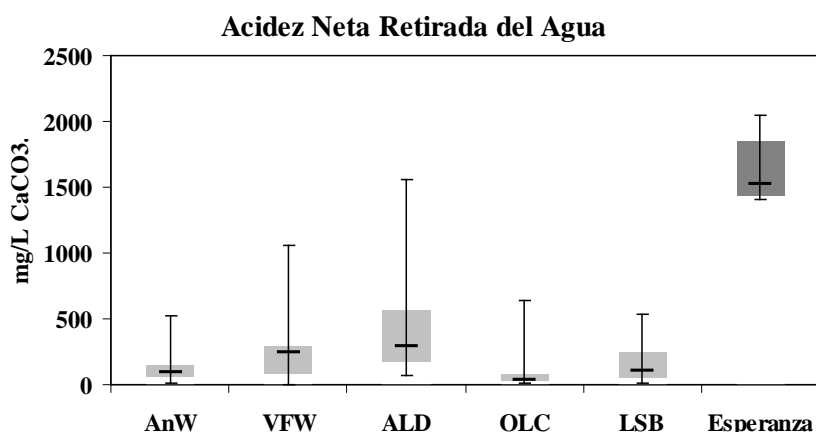


fig 3. Acidez neta retirada en varios sistemas de tratamiento comúnmente empleados en aguas ácidas de mina. AnW = humedal anaeróbico, VFW = humedal de flujo vertical, ALD = drenaje anóxico calizo, OLC = canal calizo abierto, LSB = capas de lixiviado calizo.