

Caracterización de los lixiviados ácidos del arroyo Rivera de Aguas Agrias (minas de Tharsis, Huelva)

Raúl Moreno González (1*), Carlos Ruiz Cánovas (1), Manuel Olías Álvarez (1)

(1) Departamento de Ciencias De la Tierra. Universidad de Huelva, 21071, Huelva (España)

* corresponding author: raul.moreno@dct.uhu.es

Palabras Clave: Minería, Sulfuros, Drenaje ácido de minas, Contaminación de aguas. | **Key Words:** Mining, Sulphides, Acid mine drainage, Water pollution.

INTRODUCCIÓN

El drenaje ácido de minas (AMD) es una de las causas de contaminación de aguas más importante a nivel mundial. La exposición de los sulfuros a condiciones atmosféricas causa su oxidación, liberando acidez, sulfatos y metales. En la Faja Pirítica Ibérica (FPI) existen numerosos depósitos de sulfuros masivos, intensamente explotados desde la antigüedad. Las minas de Tharsis han estado en explotación hasta 2001 y, tras las de Riotinto, son las más importantes de la FPI. En la zona, existen 5 cortas mineras y grandes escombreras ricas en sulfuros ocupando una superficie de 244 Ha. Los numerosos lixiviados producidos en estas minas abandonadas vierten a los principales arroyos de la zona, siendo el principal el Rivera de Aguas Agrias (Caraballo et al., 2011) que confluye en el río Odraque. En la actualidad se está construyendo un embalse para uso agrícola y urbano en la confluencia del río Odraque con el Odiel. Debido a la intensa contaminación minera de ambos ríos, existen serias dudas sobre la calidad del agua de este futuro embalse (Olías et al. 2011).

El objetivo del presente trabajo es la caracterización hidrogeoquímica del Rivera de Aguas Agrias, que constituye el principal aporte contaminante de las minas de Tharsis, así como estudiar el grado de saturación de las aguas respecto a los principales minerales comúnmente encontrados en ambientes AMD.

METODOLOGÍA

Se ha muestreado periódicamente el arroyo de Rivera de Aguas Agria desde diciembre de 2016 hasta noviembre de 2017 (n= 15). Se han medido in situ los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica (CE), potencial de oxidación-reducción (ORP), temperatura) con una sonda multiparamétrica Crison MM40+. El caudal se ha medido mediante un molinete Flow Probe Mod. 111. Las muestras han sido analizadas en los laboratorios de la Universidad de Huelva por ICP-OES. Los índices de saturación han sido calculados mediante el código geoquímico PHREEQC.

DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los parámetros estadísticos básicos de las características fisicoquímicas y composición química del arroyo Rivera de Aguas Agrias. El caudal muestra una gran variabilidad alcanzando un caudal máximo de 146 L/s en época de húmeda y un mínimo de 1,41 L/s en época seca (Fig. 1). El pH se mantiene por debajo de 3 todo el año mostrando poca variación (Fig. 1), mientras que la CE alcanza su valor más alto a finales de verano debido al menor aporte de agua de escorrentía y los efectos de la evaporación del agua, aumentando la concentración de metales. En época de lluvias aumenta el caudal y disminuye la CE, debido a la mayor contribución de aguas de escorrentía (Fig. 1).

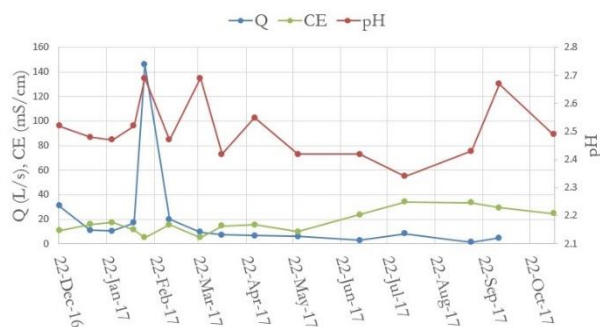


Fig 1. Evolución temporal del Caudal, CE y pH en el arroyo Rivera de Aguas Agrias.

Como es habitual en ambientes afectados por AMD, los elementos que presentan una mayor concentración son los sulfatos (26 g/L de media, Fe (4400 mg/L), Mg (2358 mg/L) y Al (1286 mg/L)), aunque presentan una elevada variabilidad. Las elevadas concentraciones de elementos disueltos en estas aguas pueden provocar la precipitación de diversas fases minerales, al alcanzar la sobresaturación.

| | Q (L/s) | pH | CE (mS/cm) | eH | Al (mg/l) | Ca (mg/l) | Cu (mg/l) | Fe (mg/l) | Mg (mg/l) | SO ₄ (mg/l) | Zn (mg/l) |
|---------|------------|------|---------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|
| Min | 1.4 | 2.3 | 5.1 | 622 | 216 | 67 | 31 | 897 | 245 | 4434 | 86 |
| Max | 146.0 | 2.7 | 34.3 | 657 | 2581 | 599 | 346 | 7475 | 5320 | 51588 | 822 |
| Media | 20.15 | 2.5 | 17.7 | 636 | 1286 | 326 | 146 | 4400 | 2358 | 26369 | 469 |
| Mediana | 8.83 | 2.5 | 15.6 | 635 | 1031 | 304 | 133 | 4323 | 1831 | 22854 | 413 |
| D.E. | 37.04 | 0.1 | 9.4 | 11 | 742 | 150 | 78 | 2065 | 1608 | 12462 | 210 |
| Cv | 1.84 | 0.04 | 0.53 | 0.02 | 0.58 | 0.46 | 0.53 | 0.47 | 0.68 | 0.47 | 0.45 |

Tabla 1. Estadísticos de los parámetros físicoquímicos y concentraciones de algunos elementos en el arroyo Rivera de Aguas Agrias. D.E.: desviación estándar. Cv: coeficiente de variación.

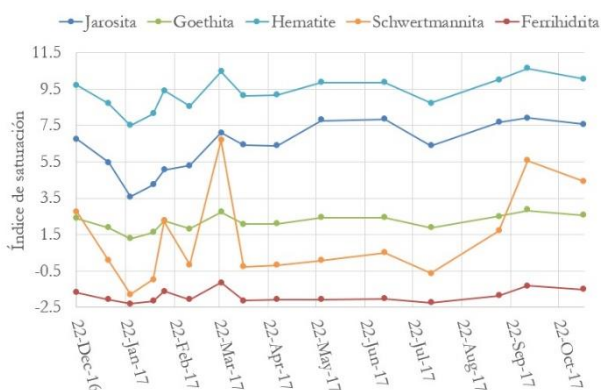


Fig 2. Evolución temporal del índice de saturación de las fases minerales de Fe en el arroyo Rivera de Aguas Agrias.

En la Figura 2 se muestran los índices de saturación (IS) respecto a las principales fases minerales de Fe comúnmente encontradas en ambientes AMD. Se aprecia una sobresaturación de las aguas respecto a jarosita, goethita y hematite, mientras que permanecen subsaturadas respecto a ferrihidrita. En cambio, la schwertmannita sufre una mayor variabilidad, con periodos de sobresaturación, equilibrio e incluso subsaturación. No obstante, goethita y hematite no precipitan directamente del AMD, sino que se transforman a partir de otros minerales metaestables (i.e. jarosita, schwertmannita) que tienen una elevada capacidad para retener metales como Cu, Zn, As o Pb (Cánovas et al., 2007).

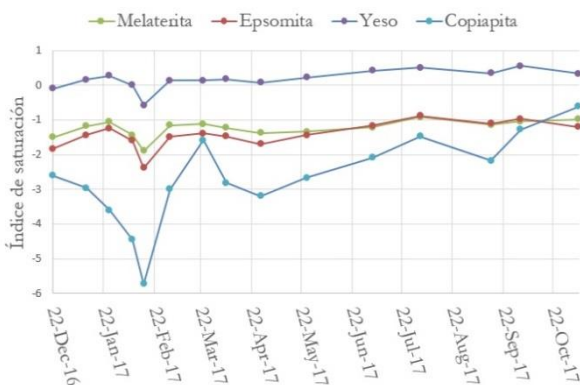


Fig 3. Evolución temporal del índice de saturación de algunas sales evaporíticas en el arroyo Rivera de Aguas Agrias.

A pesar de que sales sulfatadas cubren el cauce de la rivera durante el estiaje las aguas permanecen subsaturadas en estos minerales (e.g. copiapita, melanterita, o epsomita). Únicamente el yeso presenta sobresaturación, salvo en periodo de lluvias (Fig. 3).

CONCLUSIONES

El arroyo Rivera de Aguas Agrias presenta una elevadísima afección por AMD, con una gran acidez y altas concentraciones de sulfatos y metales a lo largo del año. Estas elevadas concentraciones provocan la saturación de las aguas respecto a diversas fases minerales que suponen la retención temporal o permanente de algunos contaminantes. Se observa sobresaturación de las aguas respecto a jarosita y en menor medida a schwermanita, minerales que presentan una elevada capacidad de sorción/coprecipitación de algunos metales traza. Otro mecanismo de retención temporal de metales es la precipitación de sales evaporíticas, que retiran del agua una importante cantidad de contaminantes. Aunque la presencia de estos minerales en el cauce se observa durante el estiaje, las aguas presentan subsaturación respecto a estas fases. La retención de contaminantes en este caso es temporal, liberándose de nuevo por redisolución durante el periodo húmedo.

REFERENCIAS

- Cánovas, C.R., Olías, M., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Cerón, J.C. (2007): Hydrogeochemical characteristics of the Odiel and Tinto rivers (SW Spain). Factors controlling metal contents. *Science of the Total Environment*, 373, 363–382.
- Caraballo, M.A., Sarmiento, A.M., Sánchez-Rodas, D., Nieto, J.M., Parviainen, A. (2011). Seasonal variations in the formation of Al and Si rich Fe-Stromatolites in the highly polluted acid mine drainage of Agua Aria Creek (Thariss, SW Spain). *Chemical Geology*, 284, 97-104.
- Olías, M., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Cánovas, C.R., Galván, L. (2011): Water Quality in the Future Alcolea Reservoir (Odiel River, SW Spain): A Clear Example of the Inappropriate Management of Water Resources in Spain. *Water Resources Management*, 25, 201–215.