

# Efectos de un incendio forestal en la hidrogeoquímica de un río afectado por drenaje ácido de mina (Río Odiel, Huelva)

Jonatan Romero-Matos (1\*), Francisco Macías (1), Carlos R. Cánovas (1), José Miguel Nieto (1), Rafael León (1), Ricardo Millán-Becerro (1)

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Huelva. Campus 'El Carmen' s/n, 21071, Huelva (España)

\* corresponding author: [jonatan.romero@dct.uhu.es](mailto:jonatan.romero@dct.uhu.es)

**Palabras Clave:** Contaminación minera, Variación estacional, Atenuación natural, Lavado de cenizas. **Key Words:** Mining pollution, Seasonal variations, Natural attenuation, Ashes washout.

## INTRODUCCIÓN

Las cuencas de los ríos Odiel y Tinto, en la provincia de Huelva (SO España), presentan valores bajos de pH y concentraciones extremas de metales y sulfatos a lo largo de sus cursos fluviales, consecuencia del aporte contaminante de numerosos lixiviados ácidos procedentes de las explotaciones mineras de sulfuros masivos de la Faja Pirítica Ibérica (Cánovas et al., 2021). Las condiciones hidrogeoquímicas de estos vertidos dependen en gran medida de variaciones estacionales: los niveles de contaminación más extremos aparecen durante las primeras lluvias de otoño, resultado del lavado de sales solubles evaporíticas que suelen precipitar y acumularse en los cauces durante el verano y el arrastre de productos de oxidación de sulfuros en las áreas mineras; mientras que las concentraciones mínimas suelen darse durante los eventos de grandes crecidas por procesos de dilución (Olías et al., 2020). Sin embargo, otros factores pueden afectar estas condiciones hidrogeoquímicas. Durante agosto-septiembre de 2020 ocurrió un gran incendio forestal que afectó a la parte media de la cuenca del Odiel (unas 16.000 ha quemadas). Se realizó una campaña de muestreo para evaluar los efectos del incendio en la hidroquímica del río Odiel, antes y después de las primeras lluvias de otoño. Esta es la primera vez que se estudian las consecuencias directas de un incendio forestal en un curso de agua afectado por drenaje ácido de mina (AMD).

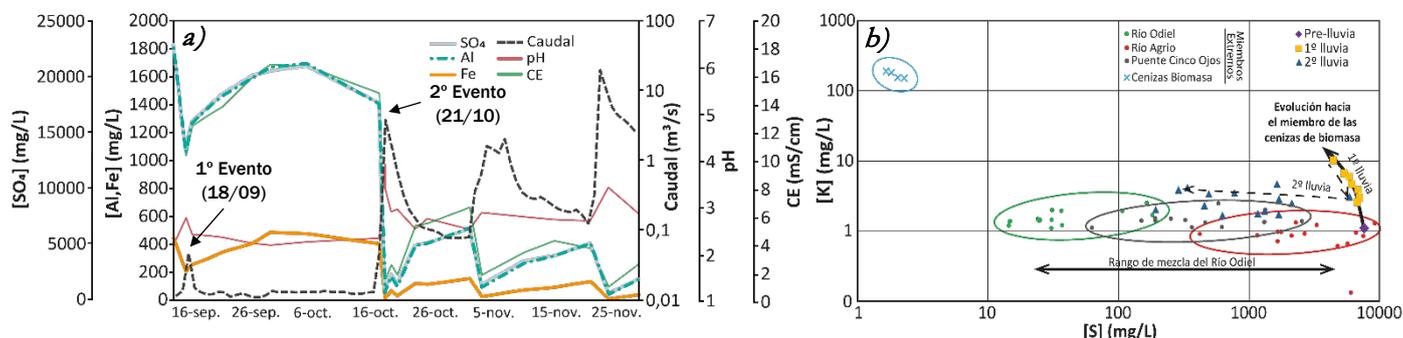
## METODOLOGÍA

Se muestreó un punto del Odiel localizado en el Puente de los Cinco Ojos, área gravemente afectada por el incendio, a lo largo del otoño, coincidiendo con las primeras lluvias tras la época de estiaje. Diferentes parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica (CE) y potencial redox (ORP) se midieron en campo con una sonda multiparamétrica previamente calibrada. Las muestras de agua se filtraron (filtros Millipore 0.22  $\mu\text{m}$ ) y acidularon ( $\text{HNO}_3$  suprapur) inmediatamente después de tomarlas, hasta un total de 22 muestreos. Los elementos mayoritarios fueron analizados con ICP-OES. La acidez neta se calculó con el método modificado de Kirby & Cravotta (2005). Los datos de caudal se obtuvieron de la estación de aforos de Sotiel Coronada, situada aguas abajo del punto de muestreo (23 km).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A diferencia del comportamiento habitual del AMD durante el resto de años hidrológicos, en los que se observa un fuerte aumento de las concentraciones de metales disueltos y una disminución del pH tras las primeras lluvias, se registró una respuesta diferente durante los eventos de lluvia posteriores al incendio. La CE sufrió una bajada drástica, causada por un descenso en la concentración de la mayoría de elementos disueltos (Fe: de 443 a 205 mg/L; Al: de 1805 a 1059 mg/L; Sulfatos: de 22,8 a 13,3 g/L), coincidiendo con un ligero incremento del pH (Fig. 1a), a diferencia del comportamiento habitual de estas aguas con las primeras lluvias tras el estiaje. Esto podría deberse a la disolución de las cenizas acumuladas tras el incendio. Estas cenizas arrastradas durante estos eventos poseen una elevada alcalinidad, y deben haber suministrado suficiente alcalinidad al agua para atenuar la acidez (Bogush et al., 2020), neutralizando el efecto dominante de lavado de sales evaporíticas y causando la precipitación de elementos contaminantes durante las primeras lluvias de otoño. De hecho, la acidez neta desciende desde un valor inicial de 12 a 7 g/L  $\text{CaCO}_3$  eq. Los días posteriores se observa una recuperación hacia las condiciones originales. El segundo evento de lluvia mostró una mayor disminución de las concentraciones de elementos disueltos, alcanzándose una

acidez neta de 0,36 g/L CaCO<sub>3</sub> eq. y una reducción en más de un 90 % para los metales principales. La CE disminuyó desde 15 hasta 1 mS/cm y el pH se incrementó hasta 4 (Fig. 1a). En este evento, el lavado de sales y probablemente de cenizas debe haber sido insignificante, puesto que la mayor parte se disolvería durante las primeras lluvias, dominando en este caso un fuerte proceso de dilución.



**Fig 1.** a) Evolución temporal del caudal, parámetros físicoquímicos y concentración de elementos mayoritarios; b) concentración de K como trazador hidroquímico de la influencia de las cenizas en el río Odiel.

Para determinar la influencia de las cenizas en el agua (Fig. 1b), se consideraron dos elementos (K y S) como trazadores hidroquímicos. Se disponen de datos geoquímicos de una serie anual del Odiel previa al fuego, representados por el Odiel antes del Río Agrio (principal vertido de la cuenca), el propio Río Agrio y el Odiel en el Puente de los Cinco Ojos (OD2), coincidiendo con el punto de muestreo del estudio. Esta serie manifiesta las condiciones del Odiel durante un año hidrológico, mostrando un rango de mezclas entre el Agrio y el Odiel, que resulta en la mezcla final de OD2. Por otro lado, se tiene la composición de cenizas de biomasa como análogo a las cenizas del incendio forestal. Se observa una primera tendencia con las primeras lluvias hacia el miembro de las cenizas de biomasa (Fig. 1b). Dado el alto contenido en K de las cenizas de incendios forestales (Bodí et al., 2014) y esta evolución inicial, contrarrestada con la tendencia normal hacia el miembro OD2 durante las segundas lluvias, se concluye que se lavaron cenizas durante las primeras lluvias tras el estiaje.

## CONCLUSIONES

El lavado de cenizas tras el incendio supone un aporte de alcalinidad suficiente para atenuar el proceso de lavado de sales y sus implicaciones que, aun ocurriendo, evita el incremento habitual en las concentraciones de metales y acidez del río. Los resultados de este estudio arrojan luz sobre la respuesta de los ríos ante determinados efectos del cambio climático, ya que los modelos climáticos predicen un aumento del número de incendios forestales, especialmente en los climas mediterráneos.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto AIHODIEL (PYC20 RE 032 UHU) dentro de la Convocatoria 2020 de ayudas para la realización de proyectos de interés colaborativo en el ámbito de los ecosistemas de innovación cofinanciadas por el Programa Operativo FEDER en ANDALUCÍA para el periodo 2014-2020.

## REFERENCIAS

- Bodí, M.B., Martín, D.A., Balfour, V.N., Santín, C., Doerr, S.H., Pereira, P., ..., Mataix-Solera, J. (2014): Wildland fire ash: production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. *Earth-Science Reviews*, **130**, 103-127.
- Bogush, A.A., Dabu, C., Tikhova, V.D., Kim, J.K., Campos, L.C. (2020): Biomass ashes for acid mine drainage remediation. *Waste and Biomass Valorization*, **11**, 4977-4989.
- Cánovas, C.R., Macías, F., Basallote, M.D., Olías, M., Nieto, J.M., Pérez-López, R. (2021): Metal(loid) release from sulfide-rich wastes to the environment: the case of the Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*, **20**, 100240.
- Kirby, C.S. & Cravotta III, C.A. (2005): Net alkalinity and net acidity 1: theoretical considerations. *Appl. Geochem.* **20**, 1920-1940.
- Olías, M., Cánovas, C.R., Macías, F., Basallote, M.D., Nieto, J.M. (2020): The evolution of pollutant concentrations in a river severely affected by acid mine drainage: Río Tinto (SW Spain). *Minerals*, **10**, 598.