



II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

PARTÍCULAS Y ATENUACIÓN NATURAL DE METALES EN SISTEMAS ACUÁTICOS IMPACTADOS POR DRENAJE ÁCIDO

GUILLERMO ARCE¹
MARÍA IGNACIA ABARCA²
MAURICIO MONTECINOS³
PAULA GUERRA⁴
CRISTIÁN ESCAURIAZA⁵
MARINA COQUERY⁶
PABLO PASTÉN⁷

RESUMEN EXTENDIDO

En las cuencas del centro y norte de Chile existen diversos ríos que presentan altos niveles de metales y metaloides (e.g. arsénico, cobre y cadmio), cuyos valores exceden la norma chilena para agua de regadío (Pizarro et al., 2010). Esta contaminación, con origen tanto en fuentes naturales como antropogénicas (e.g. fuentes geotermales y actividad minera, respectivamente), impone un desafío para el suministro sustentable de agua para las ciudades y la agricultura.

En estos sistemas impactados, las confluencias de ríos son dominios claves en el control de metales y metaloides, tanto por sus efectos de dilución como por su capacidad de promover reacciones de precipitación que permiten la remoción de contaminantes a través de procesos de sorción y sedimentación (Guerra et al., 2016). Sin embargo, la remoción de metales en estos sistemas está sujeta a que (1) los metales sean sorbidos por las partículas, (2) estas partículas tengan un tamaño suficiente para sedimentar y (3) que el tamaño no disminuya ante cambios físicos y/o químicos del medio.

¹ Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), gjarce@uc.cl

² miabarca@uc.cl

³ Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile, mmontecinos1@uc.cl

⁴ Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Técnica Federico Santa María, paula.guerra@usm.cl

⁵ Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile, cescauri@ing.puc.cl

⁶ Irstea, UR MALY, marina.coquery@irstea.fr

⁷ Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), ppasten@ing.puc.cl



Para entender el comportamiento de estas partículas cargadas de contaminantes, se desarrollaron experimentos en laboratorio usando como modelo de estudio la confluencia del río Azufre (afectado por drenaje ácido de minas) y el río Caracarani. Estos experimentos tuvieron como objetivo principal dilucidar el comportamiento de las partículas y la remoción de arsénico frente a (i) cambios en las condiciones de pH y (ii) la presencia de materia orgánica (MO).

Para entender el comportamiento de las partículas frente a cambios de pH, se mezcló agua de los ríos en distintas razones, para formar partículas bajo distintas condiciones iniciales de pH ($pH_A = 2,7$ y $pH_B = 4,3$). Estas partículas fueron concentradas por sedimentación y remoción del sobrenadante, y luego trasvasiadas a soluciones en condiciones de mezcla completa ($pH_F = 2,8$) previamente filtradas. La distribución del tamaño de partículas (DTP) se midió continuamente durante 4 horas. A partir de estos experimentos se concluyó que la DTP de las partículas formadas a pH_A se mantuvo durante el experimento (Figura 1a), mientras que la DTP de aquellas formadas a pH_B disminuyó en volumen (Figura 1b). No obstante, estos cambios ocurrieron en escalas de tiempo que superan las del transporte advectivo.

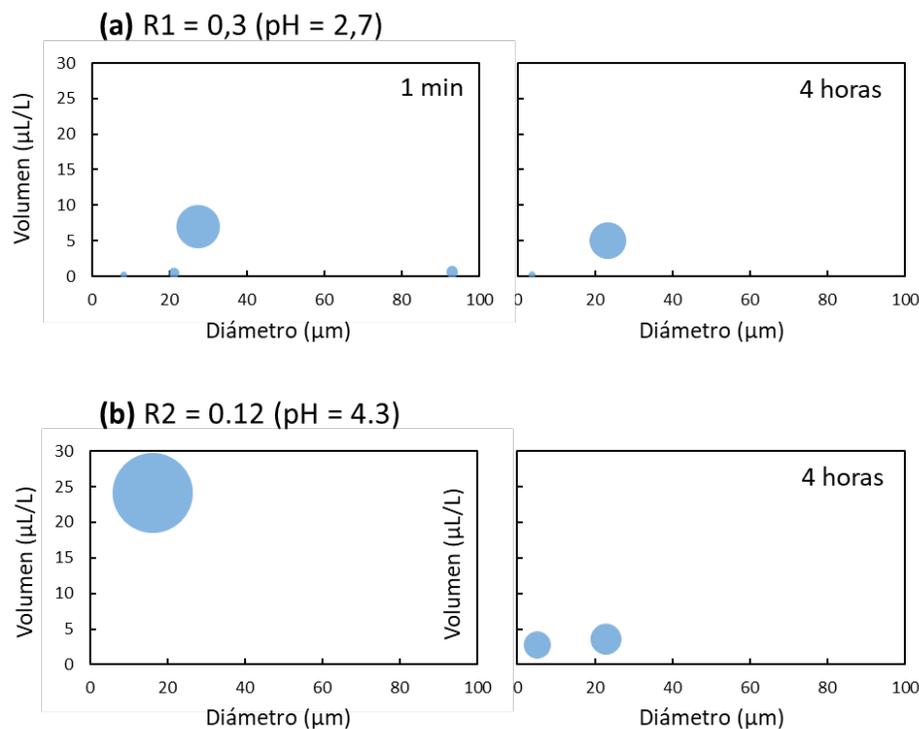


Figura 1: (a) Las partículas formadas a una razón de mezcla ($R = V_{\text{Azufre}}/V_{\text{Caracarani}} = 0,3$) que produce un pH ácido ($pH_A = 2,7$) mantienen su distribución de partículas. (b) Las partículas formadas en condiciones moderadamente ácidas ($R = 0,12 - pH_B = 4,3$) disminuirían en volumen de partículas. Fuente: Elaboración propia en base a Abarca et al. (2017).

Por otro lado, para entender el rol de la MO en las partículas, se generaron mezclas de ambos ríos con distintos tipos y concentraciones de MO (entre 0 y 10 mg C L⁻¹), además de dos condiciones de pH diferentes (4,5 y 3). La DTP se midió en intervalos definidos durante 2 horas. A partir de estos experimentos se concluyó que en condiciones moderadamente ácidas (Figura 2a y 2b, pH 4,5) la MO favorece la agregación de partículas sin afectar la sorción de arsénico, mientras que en condiciones ácidas (Figura 2c y 2d, pH 3), la agregación de complejos metal – MO podría ser el principal mecanismo de remoción.

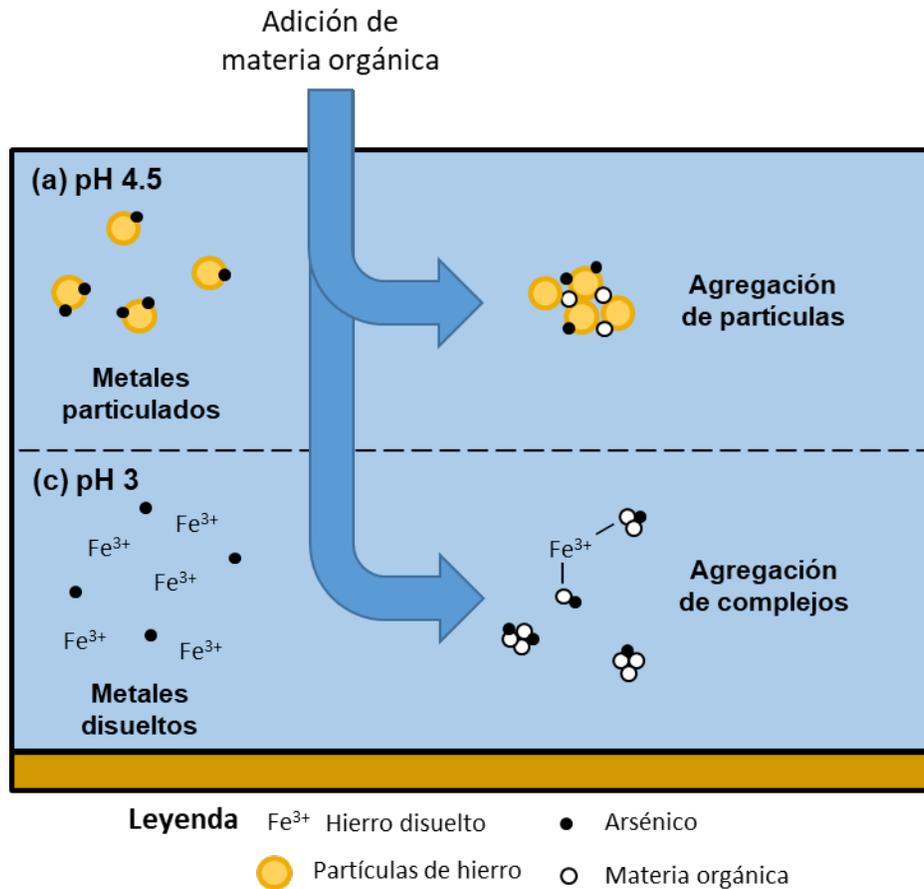


Figura 2: Efecto de la materia orgánica en el destino del arsénico en sistemas afectados por drenaje ácido. (a) A pH moderadamente ácido (4,5), precipitan partículas de hierro que remueven arsénico, cuya agregación se ve favorecida por la presencia de materia orgánica. (b) En condiciones ácidas (pH = 3), no se forman partículas y los metales están disueltos, pero la presencia de materia orgánica promueve la formación de complejos que se agregan, pudiendo remover metales. Elaboración en base a Arce et al. (2017).

Estos resultados muestran que existen oportunidades para mejorar la remoción de metales y metaloides en sistemas afectados por drenaje ácido, tanto en procesos de atenuación natural como en sistemas de tratamiento.



Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento de CONICYT/FONDECYT 1161337, CONICYT/FONDAP 15110020 y ECOS/CONICYT C15U03.

Referencias

- Abarca, M., Guerra, P., Arce, G., Montecinos, M., Escauriaza, C., Coquery, M., Pastén, P., 2017. Response of suspended sediment particle size distributions to changes in water chemistry at an Andean mountain stream confluence receiving arsenic rich acid drainage. *Hydrol. Process.* 31, 296–307. doi:10.1002/hyp.10995
- Arce, G., Montecinos, M., Guerra, P., Escauriaza, C., Coquery, M., Pastén, P., 2017. Enhancement of particle aggregation in the presence of organic matter during neutralization of acid drainage in a stream confluence and its effect on arsenic immobilization. *Chemosphere* 180, 574–583. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.03.107
- Guerra, P., Gonzalez, C., Escauriaza, C., Pizarro, G., Pasten, P., 2016. Incomplete Mixing in the Fate and Transport of Arsenic at a River Affected by Acid Drainage. *Water, Air, Soil Pollut.* 227, 73. doi:10.1007/s11270-016-2767-5
- Pizarro, J., Vergara, P.M., Rodríguez, J.A., Valenzuela, A.M., 2010. Heavy metals in northern Chilean rivers: Spatial variation and temporal trends. *J. Hazard. Mater.* 181, 747–754. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.05.076