

2021
CONGRES

IX SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CONTROL DE
LA DEGRADACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS



Elche, 24 y 25 de mayo 2021

**EL SUELO: CLAVE PARA UNA GESTIÓN
AMBIENTAL SOSTENIBLE EN UN ESCENARIO
DE CAMBIO GLOBAL**

Libro de resúmenes del IX Simposio Nacional sobre el Control
de la Degradoación y Recuperación de Suelos

Editores
M.B. Almendro Candel y M.M. Jordán Vidal

El suelo: clave para una gestión ambiental sostenible en un escenario de cambio global

Libro de resúmenes del IX Simposio Nacional sobre el Control de la Degradoación y Recuperación de Suelos

Elche, 24 y 25 de mayo 2021

ISBN 978-84-18177-09-5

Este libro recoge las comunicaciones presentadas en el IX Simposio Nacional sobre el Control de la Degradoación y Recuperación de Suelos. Es una obra colectiva, siendo responsabilidad de los autores de cada ponencia responder a las posibles reclamaciones por el uso indebido de textos y/o material gráfico.

ORGANIZAN:



COLABORAN:



Ajuntament d'Elx



Ajuntament d'Alcoi
Departament de Medi Ambient



Ajuntament de Novelda

LEVANTINA
THE NATURAL STONE COMPANY

CoAmb·CV
Colegio Profesional de Ciencias Ambientales
Comunitat Valenciana

PROQUILAB s.a.
PRODUCTOS QUÍMICOS LABORATORIOS, S.A.

POSTFIRE_CARE
Estrategias de gestión forestal y manejo postincendio orientadas a la conservación y mejora de la calidad del suelo



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Procedimiento de calibración para las medidas de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del suelo dentro del proyecto LIFE Climamed: LIFE17 CCM/GR/000087	
P. Siozos, G. Psyllakis, K. Stamataki, P. Samartzis, M. Velegrakis, J. Navarro Pedreño, M.B. Almendro Candel, I. Gómez Lucas, M.M. Jordán Vidal, J. Capmany Francoy, C. Rodríguez Fernández-Pousa	485

Área 4. Suelos artificiales, actividades extractivas, infraestructuras y zonas urbanas

Comunicaciones orales

Sistemas Integrados para una efectiva remediación ambiental	
R. Barros, S. Martel, J.A. Tamayo, C. Rumbo, P. San Segundo-Lobato, D. Garrido-Sanz, R. Rivilla, C. Rad	490
Biorrecuperación de suelos contaminados por fenantreno mediante el empleo de micronutrientes, una cepa bacteriana degradadora y ciclodextrina	
A. Lara-Moreno, E. Morillo, J. Villaverde	494
Remediación funcional de la actividad microbiana del suelo en balsas mineras abandonadas de ambientes mediterráneos semiáridos y su relación con la colonización vegetal espontánea	
A. Peñalver-Alcalá, J. Álvarez Rogel, M.N. González-Alcaraz.....	498
Importancia de las comunidades bacterianas nativas en el fitomanejo de depósitos mineros de lodos de flotación en ambientes semiáridos	
Y. Risueño, C. Petri, F.J. Jiménez-Cáceles, J. Muñoz Fructuoso, H.M. Conesa	502

Comunicaciones tipo póster

Efectos sobre la capacidad de adsorción y la toxicidad del arsénico de estériles de mina ricos en óxidos de hierro	
A. Aguilar Garrido, F.J. Martín Peinado, M. Sierra Aragón, F.J. Martínez-Garzón.....	507
Aplicación de zeolitas y biochar en la fitoestabilización de una balsa minera ácida	
J.C. Beltrá-Castillo, M. Gabarrón, R. Zornoza, J.A. Acosta, A. Faz, S. Martínez-Martínez	511



ÁREA 4.
**Suelos artificiales, actividades extractivas,
infraestructuras y zonas urbanas.**
Comunicaciones tipo póster.

Efectos sobre la capacidad de adsorción y la toxicidad del arsénico de estériles de mina ricos en óxidos de hierro

Antonio Aguilar Garrido^{1,*}, Francisco José Martín Peinado¹, Manuel Sierra Aragón¹, Francisco Javier Martínez Garzón¹

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España.

* antonioag@ugr.es

Resumen

Existe una creciente preocupación en torno a la contaminación de las aguas por elementos potencialmente contaminantes (EPC) como el arsénico (As) debido a los posibles efectos perjudiciales en el ser humano y el medio ambiente. En este trabajo se comprueba el efecto de la adición de un estéril de mina rico en óxidos de hierro a un material compuesto por turba y carbonatos sobre la capacidad de adsorción de As presente en aguas contaminadas con este elemento. También se evalúa la toxicidad por este elemento mediante bioensayos. Se comprueba que la adición de hierro potencia la adsorción de As en la mezcla, siendo la adición del 2% la que provoca una mayor reducción de la solubilidad, no siendo necesario adicionar concentraciones de hierro mayores. En general, la concentración de As soluble en el agua contaminada se reduce en torno a un 95%, no suponiendo un riesgo ecotoxicológico.

Palabras clave: Arsénico, hierro, turba, carbonatos, bioensayos.

1. Introducción

La contaminación del agua por elementos potencialmente contaminantes (EPC) constituye una gran preocupación a nivel mundial debido a los posibles efectos adversos para la salud humana y la integridad de los ecosistemas. Por ejemplo, la presencia de As en el agua potable es un grave problema de salud pública mundial (Nriagu *et al.*, 2007) al amenazar a más de 300 M de personas en todo el mundo (Quansah *et al.*, 2015). Asimismo, se debe destacar el riesgo del vertido de aguas residuales mineras no tratadas al medio ambiente (Palmer *et al.*, 2015), ya que suelen contener altas concentraciones de EPC como el As (Martín *et al.*, 2012).

A este respecto, en los últimos años se han desarrollado un gran número de técnicas de tratamiento de aguas contaminadas por EPC (Singh *et al.*, 2015). Sin embargo, la investigación de nuevas técnicas es necesaria, especialmente de aquellas basadas en el uso de residuos, avanzando así en la revalorización de los mismos y, por consiguiente, en la economía circular. En este sentido, algunos estudios han confirmado que los materiales de turberas presentan una extraordinaria capacidad de adsorción de As, así como de otros EPC como selenio (Se), níquel (Ni), antimonio (Sb) y uranio (U) (González *et al.*, 2006; Palmer *et al.*, 2015).

En este trabajo, se utiliza un material compuesto por un residuo carbonatado de una explotación de turba en Padul (Granada, España), turba de esta misma explotación y estériles de mina ricos en óxidos de hierro (riqueza Fe total del 96%) procedentes de las minas de Alquife (Granada, España) para el tratamiento de aguas contaminadas por As. En particular, se evalúa el efecto de la adición de los estériles ricos en óxidos de hierro sobre la capacidad de adsorción de As y el riesgo ecotoxicológico por este EPC mediante el uso de bioensayos.

2. Materiales y Métodos

Los materiales utilizados en esta experiencia han sido: turba/residuo carbonatado en proporción 1/3 y estériles ricos en óxidos de hierro al 0, 1, 2 y 3%. Por un lado, el material proporción 1/3 (turba/residuo carbonatado) (M4) ha sido seleccionado debido a que en un estudio previo se evaluó la eficacia inmovilizadora de As en mezclas de turba y residuo carbonatado a distintas proporciones y se comprobó que esta proporción presentó una capacidad de adsorción de As superior al 90% (Aguilar-Garrido *et al.*, 2019). Por otro lado, los porcentajes de adición de 0, 1, 2 y 3% de estériles ricos en óxidos de hierro se basan en la experiencia previa del grupo de investigación y están referidos al porcentaje de Fe total presente en el material M4.

Los tratamientos aplicados consistieron en aguas contaminadas con As, a concentraciones de 0, 50, 100 y 200 µg As l⁻¹, a partir de una sal de arseniato sódico (Na₂HAsO₄ x 7 H₂O). Estas concentraciones han sido elegidas en base a diferentes criterios: el nivel de referencia de 50 µg As l⁻¹ establecido por la ley de calidad de las aguas españolas (Real Decreto 817/2015) (BOE, 2015) y las concentraciones de hasta 200 µg As l⁻¹ alcanzadas en aguas de consumo humano.

El tratamiento de las aguas contaminadas por los materiales se llevó a cabo añadiendo 150 ml de agua contaminada a 30 g de cada material. Posteriormente, se agitaron durante 24 h y se filtraron, separando la mezcla del lixiviado. En el lixiviado (agua tratada), se mide el pH y la CE (1:5) en un pH/conductivímetro 914 Metrohm y un conductivímetro Eutech CON700, respectivamente, el contenido de As soluble se midió por ICP-MS en un espectrómetro PerkinElmer® NexIONTM 300D (Waltham, EE.UU.). Los bioensayos de toxicidad que se realizaron fueron los siguientes: a) bioensayo de germinación de semillas y elongación radicular de *Lactuca sativa* L. según las recomendaciones de la OECD (2003) en el lixiviado; b) bioensayo de respiración heterotrófica de acuerdo a la norma ISO 17155 (2002) en la mezcla de materiales.

Se comprobó la distribución normal con la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con la prueba de Barlett. Las diferencias estadísticamente significativas se determinaron mediante ANOVA y se realizaron comparaciones múltiples con la prueba de Tukey. En los casos en que se violaba algún requisito, los datos se transformaron logarítmicamente. Y, cuando se realizó la transformación y estos supuestos seguían sin cumplirse, los datos fueron analizados por las pruebas no paramétricas k-independientes de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

3. Resultados y Discusión

La adición de estériles de mina ricos en óxidos de hierro a la mezcla de turba y residuo carbonatado tuvo un efecto muy positivo en la capacidad de adsorción de As presente en aguas contaminadas. En la Figura 1 se observa que utilizando los materiales con adiciones de hierro (M4-1, M4-2 y M4-3) la concentración de As soluble en el agua tratada es menor que la concentración hallada en el agua tratada por el material sin adición de hierro (M4-0). Coinciendo con autores como Aguilar *et al.* (2007) que han comprobado que el uso de suelos rojos (ricos en óxidos de Fe) en la remediación del área afectada por el vertido de Aznalcóllar (Sevilla, España) es muy adecuado, ya que los óxidos de Fe presentan un importante papel en la movilidad del As y provocan su precipitación (Foster, 2005). Particularmente, se observa una mejora en la capacidad de adsorción de As al añadir un 1%, así como una ligera mejoría sobre

esta al adicionar un 2%; sin embargo, cuando se adiciona un 3% no se observan cambios significativos en la capacidad de adsorción de As respecto a la adición del 2%.

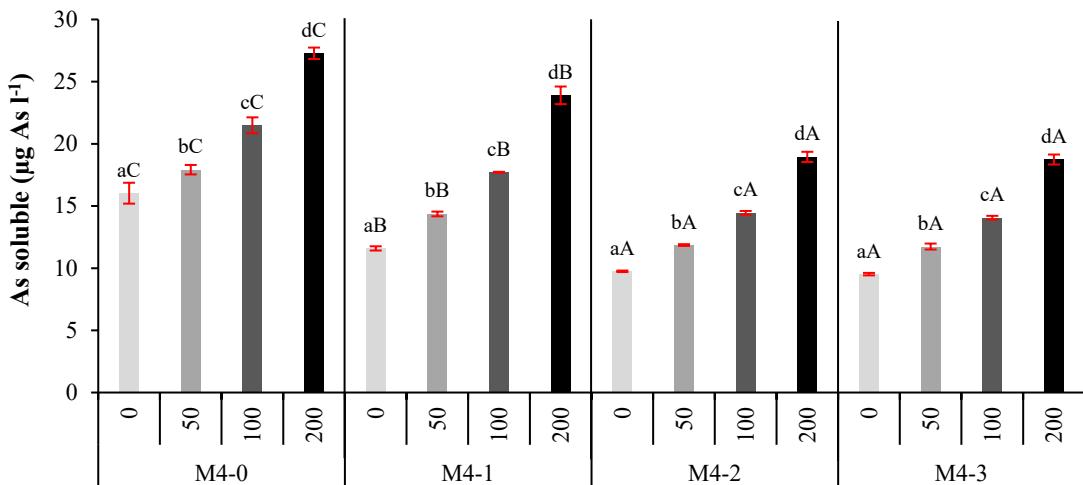


Figura 1. Concentración de As soluble expresada en $\mu\text{g As l}^{-1}$ en las aguas contaminadas tras ser tratadas.

No se dieron diferencias en el pH en el agua tratada ni a consecuencia de la adición de los estériles ricos en óxidos de hierro ni de la adición de As. En todos los casos, los valores de pH se encontraron en el rango de 7.30 – 7.60. Sin embargo, la adición de los estériles sí provocó una disminución en la CE, pasando de un valor de 5.05 dS m^{-1} en M4-0 a 4.50 dS m^{-1} en M4-1, a 4.35 dS m^{-1} en M4-2 y M4-3. La adición de As no produjo cambios en la CE en el agua tratada.

En cuanto a la evaluación del riesgo ecotoxicológico, no se han observado diferencias estadísticamente significativas en la germinación de semillas y elongación radicular de *Lactuca sativa L.* en el agua, así como tampoco en la tasa de respiración heterotrófica en el material. Los valores de germinación de semillas se encuentran en torno al 100% y de elongación radicular en el rango de 3.65 – 5.35 cm en todos los casos; mientras que la respiración heterotrófica presenta valores de $2 \mu\text{g CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ aproximadamente, semejantes a los valores del material no contaminado. Estos resultados indican que la toxicidad potencial del agua tratada es baja, a pesar de que el As es considerado como uno de los elementos más tóxicos en la solución del suelo para el bioensayo de *Lactuca sativa L.* (Romero-Freire *et al.*, 2016a). No obstante, las concentraciones de As analizadas en Romero-Freire *et al.* (2016a) son muy superiores a las presentes en nuestros estudios. De igual forma, también se pone en evidencia que el bioensayo de respiración heterotrófica presenta una baja sensibilidad a la contaminación por As, tal y como se comprueba en los trabajos de Aguilar-Garrido *et al.* (2019) y Romero-Freire *et al.* (2016b). Por ejemplo, en este último aplican este bioensayo en varios tipos de suelos, contaminándolos con niveles extremadamente altos ($1200 \text{ mg As kg}^{-1}$ suelo), no observándose una gran variación en respiración basal con respecto a los suelos naturales.

4. Conclusiones

- La adición de los estériles de mina ricos en óxidos de hierro al material de turba y residuo carbonatado en proporción 1/3 ha producido un incremento en la capacidad de adsorción de As presente en aguas contaminadas. El incremento es máximo en la adición de un 2%, mientras que con la adición de un 3% no se ha conseguido potenciar aún más la adsorción del As.
- De acuerdo al bioensayo de *Lactuca sativa L.*, se puede intuir que la reducción en la concentración en las aguas contaminadas ha sido lo suficientemente elevada como para prevenir el riesgo ecotoxicológico por este EPC. Sin embargo, sería necesario realizar bioensayos con otros

organismos más sensibles ya que los resultados de este bioensayo no son estrictamente concluyentes.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por el proyecto de investigación RTI 2018-094327-B-I00 y el contrato predoctoral FPU 18/02901, ambos del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

5. Referencias

- Aguilar, J.; Dorronsoro, C.; Fernández, E.; Fernández, J.; García, I.; Martín, F.; Sierra, M.; Simón, M. 2007. Remediation of As-contaminated soils in the Guadiamar river basin (SW, Spain). *Water. Air. Soil. Poll.* 180(1-4): 109-118.
- Aguilar-Garrido, A.; Martín, F.; Sierra, M.; García-Carmona, M.; Martínez, F. 2019. Descontaminación de aguas con arsénico a través de residuos de turbera. En: 32 Reunión Nacional de Suelos (RENS 2019), 10-13 de septiembre, Sevilla, 10.
- BOE. Boletín Oficial del Estado, España. 2015. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE 219: 80582-80667.
- Foster, A.L. 2005. Spectroscopic investigations of arsenic species in solid phases. En: Welch, A. H.; Stollenwerk, K. G. (eds.), *Arsenic in ground water*, 27–65. Boston, USA: Springer.
- González A, Z.I.; Krachler, M.; Cheburkin, A.K.; Shotyk, W. 2006. Spatial distribution of natural enrichments of arsenic, selenium, and uranium in a minerotrophic peatland, Gola di Lago, Canton Ticino, Switzerland. *Environ. Sci. Technol.* 40(21): 6568–6574.
- International Organization for Standardization - ISO 17155. 2002. Soil quality. Determination abundance activity soil microflora using respiration curves.
- Martín, F.; Simón, M.; Arco, E.; Romero, A.; Dorronsoro, C. 2012. Arsenic behaviour in polluted soils after remediation activities. En: Hernandez M. (ed.), *Soil health and land use management*, 201-216. Shangai: InTech China.
- Nriagu, J.O.; Bhattacharya, P.; Mukherjee, A.B.; Bundschuh, J., Zevenhoven, R.; Loeppert, R.H. 2007. Arsenic in soil and groundwater: an overview. En: Bhattacharya, P.; Mukherjee, A.B.; Bundschuh, J., Zevenhoven, R.; Loeppert, R. H. (eds.), *Trace metals and other contaminants in the environment*, vol. 9, 3-60. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2003. Guideline for the testing of chemicals. Proposal for updating Guideline 208. Terrestrial plant test: 208: Seedling emergence and seedling growth test.
- Palmer, K.; Ronkanen, A.K.; Kløve, B. 2015. Efficient removal of arsenic, antimony and nickel from mine wastewaters in Northern treatment peatlands and potential risks in their long-term use. *Ecol. Eng.* 75: 350–364.
- Romero-Freire, A.; García, I.; Simón, M.; Martínez, F.; Martín, F. 2016a. Long-term toxicity assessment of soils in a recovered area affected by a mining spill. *Environ. Pollut.* 208: 553-561.
- Romero-Freire, A.; Sierra, M.; Martínez, F.; Martín, F. 2016b. Is soil basal respiration a good indicator of soil pollution? *Geoderma* 263: 132–139.
- Singh, R.; Singh, S.; Parihar, P.; Singh, V.; Prasad, S. 2015. Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 112: 247–270.
- Quansah, R.; Armah, F.A.; Esumang, D.K.; Luginaah, I.; Clarke, E.; Marfoh, K.; Cobbina, S.J.; Nketiah-Amponsah, E.; Namuju, P.B.; Obiri, S.; Dzodzomenyo, M. 2015. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Health Perspect.* 123(5): 412–421.



CoAmb·CV
Colegio Profesional de Ciencias Ambientales
Comunitat Valenciana



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

