

Evaluación de materiales como potenciales retenedores de metales pesados para su aplicación como enmiendas en suelos contaminados

Adriana Obaji Bernal², Katherine Romero Pimiento^{2*}, Enrique Combatt Caballero¹, Luis Díaz Fernández³, Saudith Burgos Núñez³, Iván Urango Cárdenas³, José Marrugo Negrete³

¹Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.

²Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

³Grupo de Aguas, Química Aplicada y Ambiental, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

*Autor correspondiente: kromeropimienta@correo.unicordoba.edu.co

Introducción

La contaminación del suelo por metales pesados es un problema cada vez mayor en el mundo, su distribución y concentración se incrementan significativamente a través de los años, debido a las diferentes actividades productivas y al alto crecimiento poblacional [1]. Una vez se determina que un suelo está contaminado, es necesario aplicar estrategias de remediación, estas, se diseñan para eliminar los metales pesados del suelo (o, al menos, disminuir su concentración) o para reducir su biodisponibilidad. En este último caso, una opción a considerar es la adición de materiales que actuando como enmiendas capaces de aumentar la inmovilización de los metales pesados en la mezcla suelo + enmienda resultante, reduciendo así su concentración en la solución del suelo y, por consiguiente, su incorporación a otros compartimentos ambientales o su entrada en la cadena trófica. El uso de materiales enmendantes como el compost, los residuos de biomasa, la cal agrícola y el Biochar, en el suelo tienen la capacidad de aumentar la inmovilización de metales pesados, su uso trae efectos positivos, tales como la mejora de la calidad del suelo, debido al aumento de nutrientes, la capacidad de retención de agua y su fertilidad [2].

Los materiales usados como enmiendas tienen diferentes capacidades de inmovilización de metales pesados en el suelo; bajo ciertas condiciones, una enmienda podrá ser eficaz en la inmovilización de un metal pero puede ser ineficaz para otro, o incluso puede aumentar su movilidad [3]. Por ende es necesario evaluar la eficacia de cada una de las enmiendas a utilizar en esta investigación, con el objetivo principal de contribuir en la búsqueda de

estrategias y/o soluciones para el tratamiento de la contaminación del suelo por metales pesados.

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionaron diez diferentes materiales con potencial enmendador; Lombri-abono (L.A), Estiércol de Burro (E.B), Estiércol de vaca (E.V), Binde (B), Árbol descompuesto (A.D), Aserrín (AS), Cascarilla de arroz (C.A), Fibra de Coco (F.C), Piedra Pómez (P.P) y Biochar (BIO). Posteriormente, cada uno de ellos fue secado a 70°C por 24h, molido y tamizado a través de una malla de 200µm para asegurar un tamaño de partícula homogéneo. Finalmente los materiales fueron caracterizados por medición del pH, Potencial Redox (Eh), Materia orgánica (MO) y porcentaje de saturación de agua (%S) siguiendo lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 5167.

Con el propósito de evaluar la capacidad de retención o inmovilización de cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) por parte de los materiales se llevaron a cabo ensayos en columnas de 50mL con dimensiones de 15 cm de largo y 1cm de diámetro, terminación cónica y provistas de una llave de paso para facilitar la recolección de lixiviado. A cada una de las columnas se le introdujo 1g de fibra de vidrio para evitar pérdidas de material y se le adiciono una cantidad de material correspondiente a un volumen de 25 ml. Las columnas fueron incubadas con cantidades fijas de 26.965 mg de Pb, 1.865 mg de As y 3.65 mg de Cd, durante un periodo de tiempo de 15 días al 100% de saturación de agua de sus materiales. Finalmente las columnas empacadas fueron eluidas con 100 mL de agua lluvia recolectada desde los eventos de precipitación en la universidad de Córdoba

(pH de 6.2). El lixiviado recolectado fue utilizado para la determinación de metales pesados mediante espectrometría de absorción atómica por llama con previa digestión ácida asistida por microondas mediante el método EPA 3015a.

Resultados

En la tabla 1 se muestran los parámetros fisicoquímicos analizados para cada material; como se puede observar la mayoría de los materiales tienen un pH alcalino, a excepción de AD, CA y FC que muestran un pH ácido. Con respecto al potencial

redox (Eh) todos los materiales presentan valores positivos y algunos de ellos de alta magnitud como la PP, estos valores sirven como indicativo de la presencia de un ambiente que favorece las reacciones de oxidación. Los materiales EB, EV, AD, AS, CA y FC presentan los más altos contenidos de materia orgánica, mientras que PP muestra el más bajo nivel de MO; siendo las primeras de origen orgánico constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y humus; por otro lado PP es considerado un material inorgánico.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de los materiales enmendadores

Material	pH	pRedox	%MO	%S Agua
LA	8.33	5.18	39.1	105.1
EB	8.2	8.86	78.2	315.4
EV	7.81	8.0	75.0	291.1
AD	6.79	5.0	79.8	305.0
AS	7.35	11.09	73.2	73.2
CA	6.56	5.65	81.9	265.1
FC	4.78	18.5	92.3	198.8
PP	7.27	82.2	4.6	88.4
BIO	9.82	5.6	89.2*	203.0

*corresponde al porcentaje de Carbono.

En la figura 1 se aprecia que los materiales con mayor porcentaje retención de Cd y Pb son el lombriabono (L.A), el árbol descompuesto (AD), la piedra pómez (PP) y el Biochar (BIO), cuyos valores varían entre el 88% y el 100%. De igual forma, para el As el porcentaje de retención más alto se obtuvo por parte de la piedra pómez con un porcentaje del 59,6%. En contraste, las enmiendas orgánicas como es el caso del estiércol de vaca (E.V), el estiércol de Burro, la cascarilla de arroz (C.A) y la fibra de coco (F.C) presentan la menor cuyos porcentajes de retención de As y Cd no fueron mayores al 25,2% y al 7,6% respectivamente. Adicionalmente en la tabla 2 muestra los valores de pH y Potencial redox de los lixiviados

Discusión

Los mejores resultados en la retención de Pb y Cd fueron obtenidos para aquellos materiales que están constituidos por material orgánico estabilizado, como es el caso de LA, AD y BIO; El humus de lombriz, como fertilizante orgánico sólido, elimina las

características no deseadas en el estiércol (EV y EB), ya que ni fermenta ni se pudre, por ende reduce la posibilidad de liberación del tóxico durante la degradación de la materia orgánica [4]. Por otro lado el BIO al ser obtenido de la pirolisis a altas temperaturas (500°C) presenta una estructura con una gran área superficial y contenido de carbono aromático de alta estabilidad (celulosa cristalizada), por lo cual aumenta su capacidad de absorción y su carácter recalcitrante [5]. El PP mostro los mejores resultados para todos los metales evaluados, esto puede ser explicado por su elevada superficie de contacto que genera una amplia posibilidad de sitios activos para la sorción de metales pesados, especialmente por la gran cantidad de SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃. El As es el metal menos retenido por todos los materiales esto puede ser explicado por su diferente comportamiento químico dado por su carácter semimetálico y su forma aniónica estable (H₂AsO₄⁻) en solución, la cual sugiere una mejor adsorción del mismo a pH básicos (pH>7) [6]. Otro hecho importante que observamos fue la baja sorción de

metales para el caso de CA y FC, este hecho se puede atribuir a los bajos valores de pH, encontrados para este tipo de material que favorecen la movilidad

de metales pesados especialmente teniendo en cuenta el pH de la solución de elución.

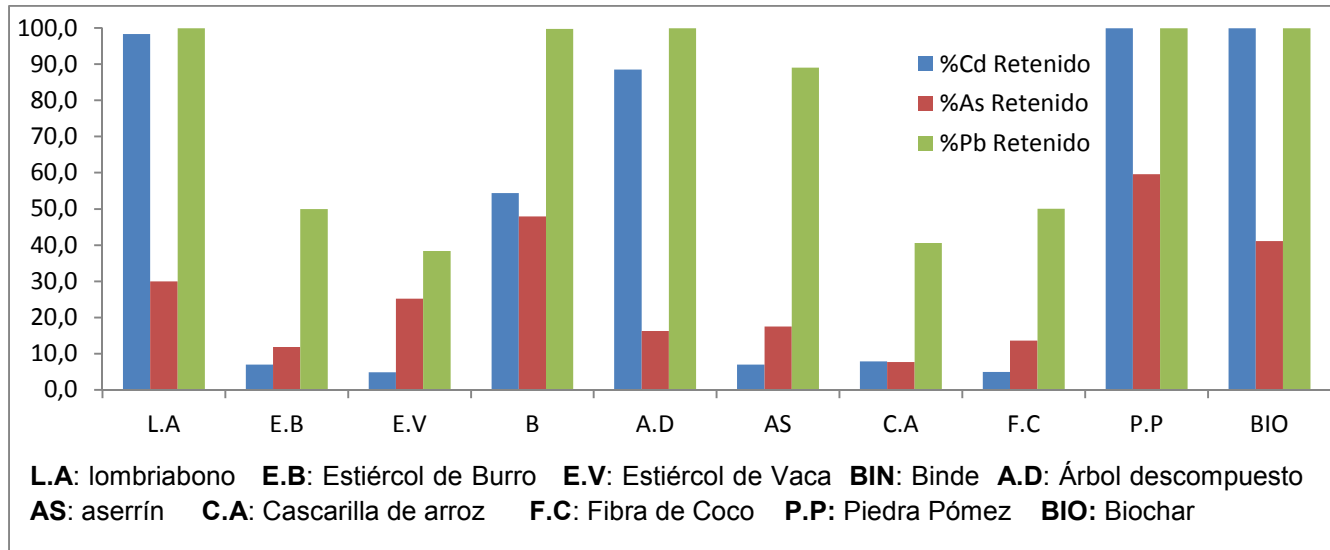


Figura 1. Porcentajes de retención de metales

Conclusión

El lombriabono, la piedra pómez y el biochar mostraron un alto potencial para ser usados como enmiendas en suelos contaminados con Pb, Cd y As, debido a su carácter recalitrante y la posibilidad de contar con sitios activos que favorecen la sorción de metales pesados. La forma aniónica del As sugiere buscar nuevas configuraciones de materiales que favorezcan su retención o inmovilización en suelos a partir de uso de materiales absorbentes.

Bibliografía

1. Cajuste, L.J., Laird, R.J. The relationships between the phytoavailability and the extractability of heavy metals in contaminated soils. *Environmental restoration of metals-contaminated soils.* (Iskandar, I.K., Ed.; Lewis Publishers). p 189–199. Boca Raton, Florida, (2001).
2. Venegas, A. Evaluación de la adición de materiales de origen orgánico para la remediación de suelos contaminados con metales pesados. Doctorado en química analítica del medio ambiente. Universidad de Barcelona. Barcelona, (2015).
3. Houben, D., Pircar, J. Heavy metal immobilization by cost-effective amendments in

a contaminated soil: effects on metal leaching and phytoavailability. *Journal of Geochemical Exploration* 123: p 87–94. (2012).

4. Ramales, C.S., Ramírez, P.A., Torres, L.D., Coyotl, C.A., Silveti, L.A. Evaluación de metales pesados en la mezcla biosólido-cascara de naranja. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, p 32-44.(2010)
5. Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez, M. A., Sonoki, T. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11 6613–6621.(2014)
6. Shi-Wei, L., Jie, L., Hong-Bo, L., Ravi, L.Q. Arsenic bioaccessibility in contaminated soils: Coupling in vitro assays with sequential and HNO₃ extraction. *Journal of Hazardous Materials* 295 p 145–152. (2015).