
EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LODO DE CERVECERÍA SOBRE LA FRACCIÓN HIDROSOLUBLE DE METALES PESADOS EN SUELOS

Effect of addition of brewery sludge on the concentration of water soluble heavy metals present in the soil

Feliciano Anzola¹ y Carmen Rivero²

¹ Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Postgrado en Ciencia del Suelo, Apartado 4579, Maracay

² Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Apartado 4579, Maracay

Resumen

Se realizó un ensayo utilizando dos suelos de pH contrastante: suelo ácido (Guataparo) y suelo cercano a la neutralidad (Maracay). Ambos suelos fueron tratados con una dosis equivalente a 10 Mg.ha⁻¹ de un lodo de la industria cervecera. Los suelos fueron incubados por 77 días con un contenido de humedad de 75 % de la capacidad de campo. Se realizaron muestreos a los 0, 3, 6, 9, 12, 15, 25, 32, 47, 62 y 77 días. Se midió en cada caso la evolución de CO₂ y se extrajo la fracción hidrosoluble de los siguientes metales pesados: Cd, Cu, Pb, Zn y Ni. Los resultados mostraron que existe un incremento de la fracción hidrosoluble de estos metales como consecuencia de la mineralización del lodo o de las fracciones insolubles presentes en el suelo como consecuencia del aporte de sustrato carbonado fresco.

Palabras clave: Suelo, lodo, metales pesados, mineralización, CO₂.

Abstract

An incubation laboratory study was conducted using two types of soil with different pH: acid soil (Guataparo) and neutral soil (Maracay). Both soils were treated with 10 Mg.ha⁻¹ equivalent doses of brewery sludge. The soils were incubated during 77 days at 75 % of field capacity of water content. The soil samples were taken at 0, 3, 6, 9, 12, 15, 25, 32, 47, 62 and 77 days. CO₂ evolution and the following water soluble heavy metal: Cd, Cu, Pb, Zn and Ni were determined. The results indicated that the heavy metal concentration depended on the sludge mineralization or inorganic insoluble forms present in the soils. This in turn is due to the addition of a fresh organic substrate.

Key words: Soil, sludge, heavy metals, mineralization, CO₂.

INTRODUCCIÓN

El vertido de efluentes industriales en fuentes de aguas, ríos, lagos y mares obligó a la implantación de sistemas que permiten sanear esos efluentes e incorporarlos al medio natural con una calidad apropiada; no obstante, ello genera la producción de un material: el lodo, en el cual se produce una concentración de aquellas especies químicas que pueden resultar contaminantes. Estos materiales deben ser dispuestos y una de las formas de hacerlo es a través del uso agrícola,

debido a los beneficios que pueden derivarse de un material rico en carbono orgánico y elementos nutritivos para las plantas (McLean *et al.*, 1987); sin embargo, el uso continuo de estos materiales podría generar acumulación de especies químicas tóxicas en los ecosistemas al ser absorbidas por las plantas, con el riesgo de incrementar su movilidad en las cadenas tróficas (Singh y Narwal, 1984, Mortvedt, 1987, Tsadilas *et al.*, 1995). Este marco de ideas llevó a la realización de esta experiencia cuyo principal objetivo fue evaluar la modificación de la fracción hidrosoluble de metales

pesados (Cd, Cu, Pb, Zn y Ni) presente en el suelo como consecuencia del añadido de lodo proveniente del tratamiento de agua residual de una planta cervecera, previa caracterización de suelos y lodos en lo que a fracción hidrosolubles de estos metales respecta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos suelos de pH contrastante y un lodo proveniente de la industria cervecera. Se midió además el contenido total inicial y la fracción hidrosoluble de los metales pesados en suelos y lodo; en el primer caso se usó el método de Bradford *et al.*, 1975 que utiliza como extractante HNO₃ 4N y para la fracción hidrosoluble se usó la metodología de Giusquiani *et al.*, 1992, y cuantificación por absorción atómica. El diseño experimental se basó en un experimento completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones, donde se aplicó una dosis equivalente a 10 Mg.ha⁻¹, lo que generó los siguientes tratamientos:

$$S_1L = \text{Suelo Guataparo} + 10 \text{ Mg. ha}^{-1} \text{ de Lodo}$$

$$S_2L = \text{Suelo Maracay} + 10 \text{ Mg. ha}^{-1} \text{ de Lodo}$$

Suelos y lodo fueron mezclados y colocados en recipientes plásticos de 2 Kg. de capacidad; se le agregó agua hasta un 75 % de la capacidad de campo y fueron sometidos a un proceso de incubación durante un período de 77 días, reponiéndose la humedad cada 48 horas, en base a la pérdida de peso. Durante este período se realizaron muestreos (0, 3, 6, 9, 12, 15, 25, 32, 47, 62 y 77 días), para determinar la concentración de los distintos metales, usando las metodologías indicadas anteriormente. Al mismo tiempo se midió la respiración edáfica (evolución de CO₂) como índice de la actividad biológica del suelo. La respiración se midió capturando el CO₂, que evolucionó, en una trampa de álcali, conteniendo 25 ml NaOH 0,1 M y posterior titulación con HCl patrón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización inicial de suelos y lodo permitió obtener la información mostrada en el cuadro 1. Esta caracterización permite visualizar que se trata de un suelo ácido y uno neutro con diferencias importantes en relación al contenido de carbono orgánico. En ambos casos no se detectó fracción hidrosoluble de metales pesados, excepción hecha del Zn, cuyos valores están por debajo de los aceptados en países como los de la Comunidad Económica Europea (150-300 mg.kg⁻¹), CEE (1986).

El lodo utilizado tiene un buen contenido de M.O, evaluada a través del contenido de CO, y posee niveles elevados de los diferentes metales evaluados, excepto para el caso del Cadmio, cuadro 1, (CEE,1986).

Cuadro 1. Características de los suelos y el lodo utilizado.

Característica	Suelo	Suelo	Lodo
	Guataparo	Maracay	
pH (Relación 1:2)	4,01	6,30	8,10
C.O (g.Kg ⁻¹)	7,50	22,30	118,90
CE (dSm ⁻¹)	0,16	0,58	4,39
Cu-H ₂ O mg.Kg ⁻¹	0	0	42,50
Zn- H ₂ O mg.Kg ⁻¹	2,60	1,62	7,06
Cd- H ₂ O mg.Kg ⁻¹	0	0	0
Pb- H ₂ O mg.Kg ⁻¹	0	0	0
Ni- H ₂ O mg.Kg ⁻¹	0	0	3,33
Cu-HNO ₃ mg.Kg ⁻¹	4,40	19,92	179,30
Zn- HNO ₃ mg.Kg ⁻¹	6,50	132,80	1617,50
Cd- HNO ₃ mg.Kg ⁻¹	1,43	1,56	3,41
Pb- HNO ₃ mg.Kg ⁻¹	10,01	13,68	356,40
Ni- HNO ₃ mg.Kg ⁻¹	4,84	40,44	26,18
Clase Textural	Faa	Fa	

El efecto de la aplicación del lodo sobre la actividad biológica del suelo se ilustra en la figura 1, el cual muestra la respiración edáfica, medida en función de CO₂, por cuanto ésta es un índice de dicha actividad biológica del suelo.

La figura 1 permite visualizar una mayor actividad biológica en el suelo Maracay, la cual es estadísticamente significativa (P=0.0000) compatible con el hecho de ser un suelo con mejores condiciones para el desarrollo de una población activa de microorganismos: pH cercanos a la neutralidad y mayor contenido inicial de carbono orgánico (Cuadro 1). Esto es muy importante por cuanto se ha demostrado que la mayor parte de los metales pesados contenidos en un lodo o suelo se encuentran asociados a su fracción orgánica (Zunino *et al.*, 1979) lo cual induce a comprender que la mineralización de dichos compuestos orgánicos gobernará las posibilidades de acción de estos elementos en el suelo. Las figuras 2, 3 y 4 corresponden a la dinámica del Cd, Pb y Zn, no obstante se discutirá adicionalmente las dinámicas del Cu y el Ni.

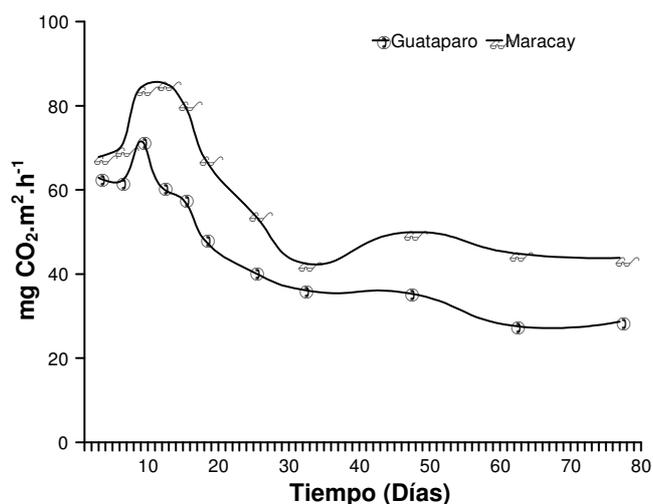


Figura 1. Efecto de la aplicación del lodo sobre la evolución del CO₂.

La figura 2 muestra la variación en la concentración de Cd con el tiempo, observándose un incremento de la misma hacia los 9 días, luego en descenso y un nuevo incremento alrededor de los 47 días donde se registra el valor máximo.

Estadísticamente los factores suelo y tiempo presentaron un efecto altamente significativo ($P=0,000$) sobre la concentración del elemento, es decir que dicha concentración estará influenciada por las características del suelo y el tiempo de contacto suelo-lodo. Esta liberación de Cd está ligada por una parte a la incorporación de formas orgánicas en el lodo utilizado (Street *et al.*, 1978), el cual es mineralizado con mayor eficacia en el suelo Maracay, tal como se ilustra en la figura 1, donde se observa que es en este suelo donde se producen los mayores niveles de actividad biológica.

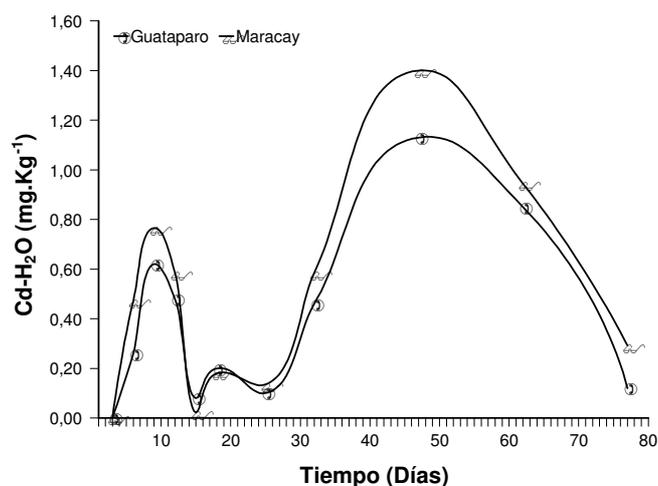


Figura 2. Efecto de la aplicación del lodo sobre la dinámica del Cadmio.

En el caso del Plomo (Figura 3) la curva de dinámica muestra un comportamiento aparentemente similar: la fracción $Pb-H_2O$ se hace detectable luego de 9 días de incubación, produciéndose un incremento alrededor de los 12 días, seguido de un descenso, para sufrir un gran incremento alrededor de los 47 días.

No obstante, para el Pb, el factor suelo no mostró significación estadística ($P=0,0822$), en tanto que el efecto del tiempo sí mostró un efecto decisivo sobre las concentraciones de este elemento ($P=0,000$). La concentración detectada parece depender básicamente de la liberación del elemento contenido en el lodo como consecuencia de la modificación de la actividad biológica del suelo ante el añadido de sustrato carbonado fresco, por cuanto tanto en el lodo como en los suelos los niveles iniciales de $Pb-H_2O$ eran iguales a cero (Cuadro 1).

No se observó en este caso un efecto de las características del suelo, hecho que ha sido indicado por otros Investigadores (Moreno *et al.*, 1992). Para el Zinc (Figura 4) los mayores incrementos se produjeron en las primeras etapas de la incubación, a los 6 y 12 días. El análisis estadístico indica diferencias altamente significativas para el efecto de los factores

suelo ($p=0,0000$) y tiempo ($p=0,0000$). Se observa sin embargo, que los mayores niveles corresponden al suelo Guataparo, lo cual podría estar asociado a la mayor solubilidad de las formas químicas que se producen en este suelo, luego de la liberación de las formas orgánicas presentes en el lodo, como consecuencia del proceso de mineralización. Al respecto Moreno *et al.* (1992) señalan que las concentraciones de Zn se correlacionan positivamente con los contenidos de arcilla y materia orgánica del suelo, en este sentido el suelo Guataparo tiene una fracción coloidal menos activa que la del suelo Maracay, si se observa que presenta tres veces más CO (Cuadro 1) que el suelo Guataparo, lo que justificaría que el Zn liberado permanece en solución, además valores de pH relativamente altos favorecen la retención del Zn en el suelo (Moreno *et al.*, 1992).

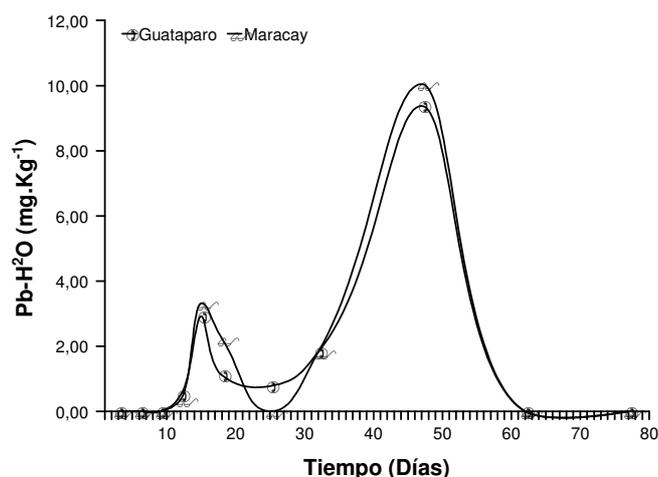


Figura 3. Efecto de la aplicación del lodo sobre la dinámica del Plomo.

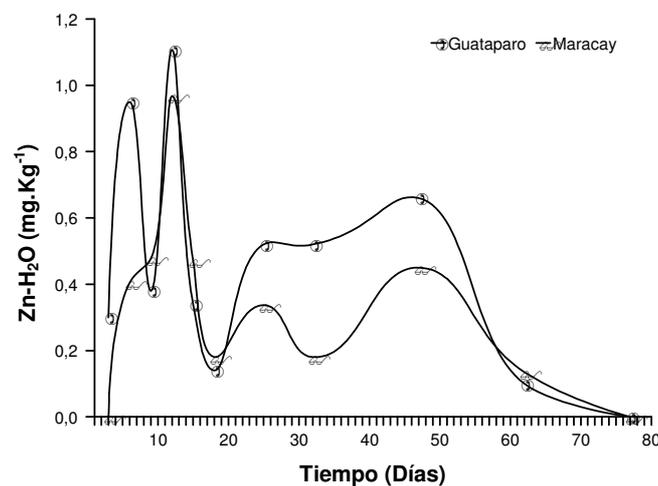


Figura 4. Efecto de la aplicación del lodo sobre la dinámica del Zinc.

Para los elementos cobre y níquel el comportamiento de la dinámica fue similar a la de otros elementos, en el primer caso a la del cadmio y en el segundo caso a la del zinc. Ahora

bien, en el caso del Cu el efecto del suelo no registró significación estadística ($P=0,4313$), es decir que su similitud con el Cd, depende básicamente del factor tiempo. Para los otros dos elementos: níquel-zinc ocurrió lo mismo, por cuanto tampoco hubo efecto significativo del factor suelo ($P=0,7510$).

CONCLUSIONES

En todos los casos se observa que el añadido de lodo modificó la fracción Metal-Agua inicial de ambos suelos. Estos metales tal como se ha indicado estarían siendo liberados como consecuencia del proceso de mineralización del lodo, en este caso se estaría dependiendo del aporte de sustrato carbonado fresco que incrementa la actividad de los microorganismos del suelo. Esto es compatible con el hecho de que, en general, las mayores concentraciones se registran en el suelo Maracay, el cual presentó condiciones más apropiadas para el desarrollo de la flora microbiana.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al CDCH-UCV por el soporte financiero para esta investigación a través del proyecto No 01.37.3458.

LITERATURA CITADA

- Bradford, G., A. Page, L. Lund, y W. Olmstead.** 1975. Trace element concentrations of sewage treatment plant effluents and sludges: Their interactions with soil and uptake by plants. *J. Environ. Qual.* Vol. 4:123-127.
- CEE.** 1986. Directiva del Consejo N° 86/278/CEE. Mimeo-grafiado. 7p
- Giusquiani, P., G. Gigliotti y D. Businelli.** 1992. Mobility of heavy metals in urban Waste-amended soils. *J. Environ. Qual.* Vol. 21:330-335.
- MacLean, K., A. Robinson, y H. MacConnell.** 1987. The effect of sewage-sludge on the heavy metal content of soils and plant tissue. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* Vol. 18 (11):1303-1316.
- Mortvedt, J.** 1987. Cadmium levels in soils and plants from some long-term soil fertility experiment in the United State of America. *J. Environ. Qual.* Vol. 16(2):137-141.
- Moreno, A., L. Pérez y J. González.** 1992. Relaciones entre contenidos totales de Zn, Pb, Cu y Cd en suelos y plantas. *Suelo y Planta*, Vol. 2, N° 4:757-771.
- Singh, B., y R. Narwal.** 1984. Plant availability of heavy metals in a sludge-treated soil: Metal extractability compared with plant metal uptake. *J. Environ. Qual.* Vol. 13 (3):344-349.
- Street, J., B. Sabey, y W. Lindsay.** 1978. Influence of pH, Phosphorus, Cadmium, Sewage Sludge, and incubation time on the solubility and plant uptake of Cadmium. *J. Environ. Qual.* Vol. 7 (2):286-290.
- Tsadilas, C., T. Matsi, N. Barbayiannis, y D. Dimoyiannis.** 1995. Influence of sewage sludge application on soil properties and on the distribution and availability of heavy metal fractions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* Vol. 26 (15 -16):2603-2619.
- Zunino, H., M. Aguilera, M. Caiozzi, P. Pierano, F. Borie, y J. Martin.** 1979. Metal binding organic macro-molecules in soil. *Soil Sci.* Vol. 128:257-262.