

Caracterización de biosólidos de diferentes fuentes y su uso potencial en la agricultura

Characterization of different sources biosolid of and their potencial use in agriculture

Por Elizabeth M. Silva Rodríguez, Porfirio R. Galicia García, Maribel Quezada Cruz, Erika A. Villeda Gutiérrez & Israel Jesús Rodríguez Meléndez
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dirección electrónica del autor de correspondencia:
mabelqz@yahoo.com.mx

Recibido: Marzo 11 de 2014
Aceptado: Octubre 1 de 2014

Cómo citar: Silva Rodríguez, E. A., Galicia García, P. R., Quezada Cruz, M., Ramírez Villeda, E. A. & Rodríguez Meléndez, I. J. (2015). Caracterización de biosólidos de diferentes fuentes y su uso potencial en la Agricultura. *Universo de la Tecnológica*, 7(20), 16-19

RESUMEN: Cuando los lodos provienen de plantas de tratamiento de agua residual industrial, además de nutrientes como nitrógeno y fósforo, contiene compuestos no deseables fuera de límites permisibles, como metales pesados, bacterias patógenas, parásitos y huevos de helminto, los cuales incrementan el factor de riesgo químico y biológico. Sin embargo, al estabilizar estos lodos sus características cambian y son considerados biosólidos con potencial para uso como mejoradores de suelo. El objetivo del presente estudio fue la determinación de algunas características de biosólidos de cuatro empresas, dos de giro alimenticio y dos de giro industrial, que actualmente son depositados en tierras de cultivo del municipio de Nextlapan, Estado de México. Las determinaciones se realizaron de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002. Los resultados de metales pesados, Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, Pb, Hg y As, así como de patógenos (*Salmonella* spp.), coliformes fecales y huevos de helminto, muestran concentraciones muy por debajo de los límites permisibles por lo que se consideran como excelentes de clase “B” y “C”. Los biosólidos incorporados en suelos pueden ser aprovechados para su uso en la actividad agrícola.

PALABRAS CLAVES: Biosólidos, metales pesados, patógenos, parásitos, suelo, micronutrientes.

ABSTRACT: When the sludges proceed from industrial wastewater treatment plants, furthermore of nitrogen and phosphorus, they have undesirable compounds, upper of permissible limits, like heavy metals, pathogenic bacteria, parasites and helminth ova, which increase the chemical and biologic risk. Nevertheless, making sludges steady, their characteristics changed and they are considered as biosolid with potencial to be used like soils enhancer. The aim of this study was biosolids characterization in four companies, two in branch of food and two in industrially, that are currently disposed on croplands of Nextlapan township, State of Mexico. Determinations were performed according to the NOM-004-SEMARNAT-2002. Heavy metals, Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, Pb, Hg and As as well as, pathogens (*Salmonella* spp.), fecal coliforms and helminth ova results, indicated concentrations well below of permissible limits, so that, they are excellent of “B” and “C” grade. Incorporated biosolids in soils can take advantage of use in agricultural activity.

KEY WORDS: Biosolids, heavy metals, pathogens, parasites, soil, micronutrients.

Introducción

En las plantas de tratamiento de agua residual se generan volúmenes de lodos, que por sus características pueden o no ser dispuestos como residuos no peligrosos. Los métodos utilizados para la disposición final son: la incineración, la colocación en rellenos sanitarios y la incorporación en suelos agrícolas. La última opción presenta un riesgo potencial de salud pública y contribuye a la acumulación de metales pesados en suelo. En estudios de caracterización de lodos de diferentes fuentes, se han reportado que contienen desde químicos orgánicos sintéticos hasta metales pesados; la presencia de estos componentes limitan su uso (Kinney et al., 2006). Los organismos de seguridad y protección ambiental, SEMARNAT, en México y EPA en Estados Unidos, establecen regulaciones para la clasificación de estos residuos en función de su calidad.

Respecto al tratamiento de los lodos existen algunas investigaciones para higienizarlos y reducir la carga microbiana como son: degradación anaerobia, degradación aerobia, composteo o uso de cal (Madera-Parra *et al.*, 2011)

Cuando los lodos han sido sometidos a un proceso de estabilización se denominan biosólidos (Cain, 2010). Si los biosólidos cumplen con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la NOM-004-SEMARNAT- 2002, pueden ser utilizados como enmiendas agrícolas en los suelos por su alto contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y trazas de otros elementos, que son aprovechados por las plantas (Uggetti *et al.*, 2012).

En el aspecto agrícola, los biosólidos usados en tierras de cultivo contribuyen a la nutrición de las plantas, mejoran las características físicas, químicas

y biológicas del suelo y pueden incrementar el rendimiento de la materia seca de muchos cultivos; el principal riesgo es el contenido de metales pesados (Hernández-Herrera et al., 2005; Singh y Agrawal, 2008). El uso de biosólidos para el acondicionamiento de suelos es una forma de disposición final y aunque visiblemente los cultivos se vean beneficiados por los nutrientes presentes, es necesario medir la disponibilidad de los nutrientes, la presencia de elementos tóxicos y las propiedades químicas, físicas y biológicas en el suelo. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar biosólidos de cuatro empresas con actividades alimenticias e industrial de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Metodología

El muestreo se llevó a cabo en montículos de biosólidos con un volumen aproximado de 6 m³, depositados en un terreno destinado a la actividad agrícola en el Municipio de Santa Ana Nextlalpan, Estado de México. Los cuatro biosólidos más frecuentes fueron seleccionados en este estudio para su incorporación. Los biosólidos se identificaron de acuerdo con la actividad de las empresas de las cuales se obtuvieron: láctea 1, láctea 2, jabonera y papelera. Se tomaron 3 muestras de 500 g cada una y de cada biosólido; en la superficie, en un punto medio y en la parte inferior del montículo. Las muestras se colocaron dentro de frascos de boca ancha estériles, se sellaron y se transportaron a 4 °C. En el laboratorio las muestras se mantuvieron a la misma temperatura en un lapso menor a 8 días, tiempo en el cual se realizaron los análisis.

Técnicas analíticas

Las determinaciones por triplicado de *Salmonella* sp., coliformes fecales, huevos de helminto y metales pesados se realizaron de acuerdo con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002.

Resultados y discusión

Con respecto a los parámetros microbiológicos, se puede observar que para patógenos (*Salmonella* spp. y coliformes fecales), la concentración en todos los biosólidos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles (Cuadro 1). En el caso de parásitos, la empresa papelera presenta huevos de helminto,

sin embargo de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002 se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para considerarse como biosólido excelente o bueno, clase “B”.

Cuadro 1. Presencia de *Salmonella* spp., coliformes fecales (NMP.g-1) y huevos de helminto (HH.g-1)

	Láctea 1	Láctea 2	Jabonera	Papelera	NOM-004 (Clase C)
<i>Salmonella</i> spp.	2	3.7	2	0	< de 300
Coliformes fecales	1100	1100	1100	1100	< de 2,000'000
Huevos de helminto	16	28	0	2	< de 35

En el caso de las empresas lácteas también presentan huevos de helminto y de acuerdo con la norma se consideran biosólidos de excelente o buena calidad, clase “C”. Es decir, los biosólidos tienen la calidad microbiológica para usos forestales, mejoramiento de suelos, usos agrícolas e incluso para usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación. Sin embargo, es de gran importancia considerar que en el apartado 503 de la EPA (1992) para Estados Unidos, que regula el contenido de metales y de microorganismos (coliformes fecales, *Salmonella*, huevos de helmintos y virus) en los biosólidos, restringe el contenido de huevos de helminto para biosólidos que van a ser aplicados en sitios con contacto público a menos de 0.25 huevos/g-1 en base seca y en contraste la propuesta de norma para México, NOM-004-ECOL-2000 permite para estas mismas condiciones 10 huevos/g-1. Es decir, las normas mexicanas son más flexibles en algunos parámetros, lo cual es de gran importancia por el impacto que puedan causar estos biosólidos en los suelos y por consiguiente en los cultivos.

La concentración de metales pesados en todos los biosólidos analizados está muy por debajo de los límites máximos permisibles, por lo que son considerados como excelentes y puedan ser aprovechados incorporándolos a suelos destinados para la actividad agrícola, usos forestales y usos urbanos con contacto directo al público de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT 2002 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de metales pesados (mg. kg-1 en base seca).

Metal	Lactea 1	Lactea 2	Jabonera	Papelera	límite maximo permisible (NOM 004)	
					Excelente	Bueno
Cu	1.9 +/-0.15	0.9+/-0.010	0.7+/-0.003	1.7+/-0.004	1500	4300
Cr	1.1+/-0.002	1.1+/-0.001	1.0+/-0.003	0.8+/-0.001	1200	3000
Cd	0.023+/-0.003	0.023+/-0.003	0.6+/-0.002	0.1+/-0.004	39	85
Zn	7.2+/-0.010	10.0+/-0.009	4.3+/-0.007	5.5+/-0.005	2800	7500
Ni	1.2+/-0.006	0.9+/-0.008	3.8+/-0.009	1.8+/-0.006	420	420
Pb	1.3+/-0.018	0.7+/-0.012	5.1+/-0.015	2.2+/-0.011	300	840
Hg	L. D.	L. D.	L. D.	L. D.	17	57
As	L. D.	L. D.	L. D.	L. D.	41	75

L.D: Concentración menor a los límites de detección.

El análisis de los metales pesados (Figura 1) reveló que los niveles de concentración del Zn fueron los más elevados en los biosólidos de las cuatro empresas consideradas. La industria Láctea 2, Láctea 1, Papelera y Jabonera mostraron 10, 7, 5.5 y 4.3 mg.kg-1 en base seca respectivamente. El Ni y el Pb también mostraron niveles altos en la Industria del jabón con 3.8 y 5.1 mg.kg-1. Si se considera el nivel máximo indicado por la Norma para estos metales, la concentración menor para Pb es de 300 mg.kg-1, por lo que estos niveles no son significativos. El Cd fue el metal que mostró los niveles más bajos de concentración con 0.6 y 0.1 mg.kg-1 y fue detectado sólo en los biosólidos de la industria del jabón y papelera. Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron diferentes a los reportados por Jurado-Guerra *et al.*, (2006), quienes encontraron concentraciones muy altas en biosólidos de origen doméstico-anaeróbico de una planta de tratamiento de aguas residuales; de tal manera que las concentraciones para cobre, cromo, cadmio, zinc y plomo fueron de 272, 60, 6, 972 y 38 mg.Kg-1 respectivamente.

Juárez-Guerrero *et al.*, 2012 estudiaron la emergencia y crecimiento del zacate banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr. en presencia de biosólidos domésticos anaeróbicos en condiciones de sequía. En el presente trabajo se obtuvieron re-

sultados similares con respecto a la concentración de cobre y zinc, sin embargo la concentración fue

ligeramente más alta en los biosólidos del presente trabajo.

Los niveles de Zn, Ni y Pb en los biosólidos de estas industrias, pueden generar acumulación en los suelos si son adicionados en grandes proporciones en el suelo agrícola, por lo que es recomendable realizar un monitoreo constante.

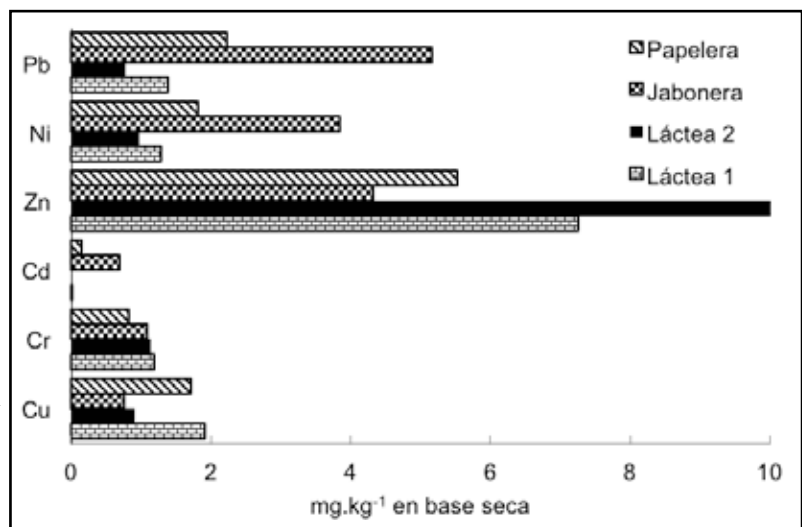


Figura 1. Concentración de metales pesados en diferentes tipos de biosólidos.

El cobre, hierro, manganeso y zinc son metales esenciales para el crecimiento vegetal, la presencia de Cu y Zn en los biosólidos analizados resulta benéfica. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, los suelos agrícolas tienen deficiencia en uno o más micronutrientes de forma

que su concentración en los tejidos de los vegetales cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo. Las deficiencias de Cu y Mn en cultivos han tomado mayor relevancia a partir de los estudios sobre los parámetros que controlan su solubilidad en el suelo; aun así, las deficiencias de Fe y Zn son el mayor problema a escala global (Alloway, 1995). El contenido total de un nutriente en el suelo no siempre se relaciona con la fertilidad química pero es un indicador a utilizar para tener una aproximación de la riqueza potencial del elemento (Ratto, 2006). Sin embargo, a altas concentraciones, algunos metales pueden ser tóxicos para humanos, animales y plantas (Selivanovskaya *et al.*, 2010).

Conclusiones

Los biosólidos analizados se consideran de excelente o buena calidad clase “B” y “C” por lo que se pueden utilizar para usos forestales, mejoramiento de suelos, usos agrícolas y usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación. La flexibilidad con respecto a parásitos en la Norma Mexicana NOM-004-ECOL-2000 podría provocar problemas de acumulación de parásitos y por consecuencia provocar problemas en la salud.

Referencias

- Alloway, B. J. (1995). Soil processes and the behavior of heavy metals. Ed Blackie Academic & Professional. In: Heavy metals in soils. (pp. 368). London. England.
- Cain, G. D. (2010). Sanitizing Sewage Sludge: The Intersection of Parasitology, Civil Engineering, and Public Health. *Journal of Parasitology*, 96, 1037-1040.
- EPA. (1992). Environmental regulations and technology (Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. U.S. Environmental Protection Agency of Wastewater Management. (pp. 26-28). Washington, DC.
- Hernández-Herrera, J. M., Olivares-Sáenz, E., Villanueva-Fierro, I., Rodríguez-Fuentes, R., Vázquez-Alvarado R., Pissani-Zuñiga, J.F. (2005). Aplicación de lodos residuales, estiércol bovino y fertilizante químico en el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare Pers*). *Revista Internacional de contaminación Ambiental*, 21, 31-36.
- Jurado-Guerra, P., Luna-Lunab, M., Barretero-Hernández, R., Royo-Márqueza, M., Melgoza-Castillo A. Producción y calidad de forraje y semilla del zacate navajita con la aplicación de biosólidos en un pastizal semiárido de Jalisco. (2006). *Téc. Pecu. Mex.* 44, 289-300.
- Jurado-Guerra, P., Domínguez-Caraveo, H., Melgoza-Castillo, A., Morales-Nieto, C. (2012). Emergencia y crecimiento del zacate *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr. con biosólidos en condiciones de sequía. *Tecnociencia Chihuahua*. 6, 57-67.
- Kinney, C., Furlong, S. D., S., Zaugg, M., Burkhardt, S., Werner, J. Cahill, J., (2006). Survey of organic wastewater contaminants in biosolids destined for land application. *Environmental Science and Technology*, 40, 7207-7215.
- Madera-Parra, C. A., Duncan, M., Torres, P. (2011). Sanitization of biosolids from chemically enhanced primary treatment plant: composting or alkali stabilization?. *Ingeniería y Competitividad*, 2, 23-31.
- Ratto, SE. (2006). Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. En: M. Vázquez. *Micronutrientes en la agricultura*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. (pp.79-112). Buenos Aires, Argentina.
- Selivanovskaya, S. Y., Zaripova, S. K., Latypova, V. Z., Hung Y. (2010). Treatment and Disposal of Biosolids. En Wang, L. K., Shammas, N. K. and Hung, Y. T. *Handbook of Environmental Engineering, Environmental Bioengineering*. Springer Science + BusinessMedia. The Humana Press (pp.5-7). USA.
- Singh, R., Agrawal, M. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28, 347-358.
- Uggetti, E., Ferrer, I., Nielsen, S., Arias, C., Brix, H., & García, J. (2012). Characteristics of biosolids from sludge treatment wetlands for agricultural reuse. *Ecological Engineering*, 210-216.
- García, J. (2012). Characteristics of biosolids from sludge treatment wetlands for agricultural reuse. *Ecological Engineering*, 210-216.