

**Evaluación de Metales Pesados en lechuga y acelga tratado con compost de Residuales Sólidos Urbanos.**

**Evaluation of Weighed Metals in lettuce and beet tried with compost of Residual Urban Solids.**

**Autores:** Ing. Mercedes Orphee-Montoya \*<sup>1</sup>, M Sc. Teudys Limeres-Jimenez <sup>1</sup>, M Sc. Mirelis Rodríguez-Alfaro<sup>2</sup>, Dr. C. Olegario Muñoz-Ugarte <sup>2</sup>, Tec. Donald Calderón-Webb <sup>1</sup>

**Organismo:** Dirección de Suelos Guantánamo, Cuba<sup>1</sup>, Instituto de Suelos, Guantánamo, Cuba<sup>2</sup>

E-mail: [investigacion@suelos.gtm.minag.cu](mailto:investigacion@suelos.gtm.minag.cu)

Teléf. 32 – 3873 / 5723.

**Resumen.**

El trabajo se desarrolló en la Dirección de Suelos de la provincia Guantánamo, entre los años 2009 - 2010, con el objetivo de evaluar el contenido de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los compost obtenidos de los residuales sólidos urbanos; así como su influencia sobre la composición de las hortalizas (lechuga y acelga) que se obtuvieron. El contenido total de los metales pesados se determinó mediante la Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama. La extracción de los metales pesados en las plantas se realizó según la Norma IA 6746:10-1999, (2010) del CEADEN. Los resultados muestran que los metales pesados evaluados en el compost sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles para ser aplicados en producciones hortícolas. Los niveles de cadmio y plomo encontrados en los órganos de consumos de la lechuga y la acelga representan un grave peligro para la salud humana, ya que sobrepasan los límites máximos permisibles.

**Palabras clave:** metales pesados; Límites Máximos Permisibles; Residuales Sólidos Urbanos.

**Abstract.**

The work was developed in the Soil's Station of the county Guantánamo, between 2009 – 2010 years, to evaluate the content of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in the obtained compost of the residual urban solids; as well as their influence on the composition of the vegetables (lettuce and beet) that were obtained. The total content of the heavy metals was determined by the Espectrofotometría of Atomic Absorption with flame. The extraction of the heavy metals in the plants was carried out according to the CEADEN's Norm IA 6746:10-1999, (2010). The results show that the heavy metals evaluated in the compost surpassed the Permissible Maximum Limits to be applied in horticultural productions. The levels of cadmium and lead found in the organs of consumptions of the lettuce and the beet represent a serious danger for the human health, since they surpass the permissible maximum limits.

**Keywords:** heavy metals permissible limits; Urban Solid Waste.

## Introducción.

A escala internacional, existen diferentes factores que afectan el medio ambiente y merecen la preocupación del hombre, porque afectan negativamente la calidad de los recursos naturales y ponen en peligro la supervivencia en el planeta. Dentro de estos factores se encuentran los *metales pesados* (MP), donde su presencia y contenido en los diferentes niveles de los ecosistemas constituye una de sus principales problemáticas ambientales. Su estudio en los suelos, los sustratos y su influencia en el desarrollo de las plantas y los animales, ocupan un lugar importante en la actualidad (Malavolta y Ferreira de Moraes, 2006).

Como alternativa en la producción organopónica se incrementó significativamente el uso agrícola de los Residuales Sólidos Urbanos (RSU), debido a la poca disponibilidad de materiales orgánicos en las ciudades, que garanticen el abasto de los mismos con vista a restituir o corregir las propiedades de los suelos utilizados para garantizar producciones estables de alimentos de origen hortícola.

En varios países del mundo, uno de los mayores problemas de la contaminación en los suelos, las aguas y la atmósfera se produce por una mala gestión de los RSU; es decir, de todos desechos domésticos, de los centros comerciales y de servicios, de los hospitales u otros, depositados en los vertederos sin previa clasificación (Giuffré y col., 2007). Un estudio de la composición de los RSU muestra la gran variedad de elementos que los componen y que muchos de ellos, son fuentes importantes de contaminación por metales pesados (Alcântara, 2008).

En Cuba, son pocos los estudios realizados sobre este tema; no obstante, según García (2008), desde el año 2006, el Instituto de Suelos, del Ministerio de la Agricultura emitió una circular de prohibición del uso de los RSU como fuente de abonos orgánicos en la agricultura, por sus contenidos elevados en MP que pueden ser incorporados al suelo y a los sustratos empleados para la producción.

Datos publicados por García (2008), evidencian que los RSU son fuentes con potencialidades para la producción de abonos orgánicos que pueden ser empleados con fines agrícolas. No obstante, para su uso agrícola es necesario el control previo y sistemático del contenido de MP, debido a los daños irreversibles que pueden provocar los mismos a los diferentes ecosistemas. Entre las principales preocupaciones con relación a la adición de MP a los suelos y los sustratos, se encuentran la entrada de estos a la cadena alimentaría (Silva, 2004 y Campos y col., 2005).

Un hecho real en la provincia de Guantánamo, es la creación de estrategias para el saneamiento de las ciudades, en la cual se contempla la disminución de los volúmenes de acumulación de los RSU. Actualmente, se cuenta con varios Centros Ecológicos de Procesamiento de Residuales Urbanos (CEPRU), en los que se elaboran *compost* de la basura proveniente de las ciudades, para utilizarse como abono orgánico y fuente de nutriente en la producción agrícola, ornamental y forestal. Este hecho es muy preocupante porque muchos parceleros utilizan estos *compost* sin tener conocimientos de su composición, ni del efecto que puede tener su uso en la cadena trófica.

Las procedencias de estos RSU son fundamentalmente de origen doméstico, con aportes estimados de una población de 33 596, el (CEPRU) “Los cocos”. Estos residuos antes de compostar son clasificados manualmente, donde son despojados de los residuos no biodegradables. Las descargas diarias promedio de estos residuos por estas poblaciones se calculan en un número superior de 270 m<sup>3</sup>.

Un hecho alarmante que se plantea actualmente es la utilización de estos tipos de compost en el cultivo de plantas hortícolas, los cuales se producen en áreas urbanas y suburbanas, cerca de los centros de reciclaje de estos residuos. Estos cultivos absorben en menor o mayor medida los metales pesados que pueden estar presentes en el compost, los cuales afectan negativamente los diferentes eslabones de la cadena alimentaria, ya que muchos de estos elementos se acumulan en diferentes órganos y no tienen funciones biológicas reconocidas que beneficien el desarrollo de las plantas y los demás organismos que engrosan la cadena alimentaria, por lo que el desconocimiento de la presencia de metales pesados presente en el *compost* elaborado a partir de los RSU puede provocar daños irreversibles en los suelos donde se aplica y en las plantas que en ellos se desarrollan. Es por ello que el presente trabajo se trazó como objetivo, evaluar la presencia y contenido de metales pesados en compost elaborados a partir de los Residuos Sólidos Urbanos y el impacto de su aplicación en diferentes variantes de cultivos hortícolas.

## **Desarrollo.**

### Métodos empleados

El trabajo se desarrolló en la Dirección de Suelos de la provincia Guantánamo, entre los años 2009 - 2010. Para el desarrollo del mismo se utilizaron compost procedentes del Centro Ecológico de Procesamiento de Residuos Urbanos (CEPRU); Los Cocos, del municipio Guantánamo (**Figura 1**).



**Figura 1. Formación de los *compost* de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).**

Se utilizó la capa superficial de un suelo (0- 20 cm) Pardo Sialítico, según la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col., 1999), el cual fue secado al aire y tamizado con una malla de 5 mm de diámetro. El *compost* de RSU fue molinado y tamizado por una malla de 2 mm. El sustrato se conformó a partir de la mezcla de ambos componentes en proporción 1:1 y se depositó en canchales con guardaras de hormigón de 3,0 m de largo x 1,0 m de ancho x 0,20 m de altura, en los cuales se sembró Lechuga (Black S. Simpsón) y Acelga (China), variantes que constituyeron los tratamientos, la siembra se realizó a un marco de siembra de 10 x 15cm y 15 x 15cm, respectivamente.

Antes de realizar la mezcla al *compost* se determinó los contenidos totales de Cd, Pb, Cu, Zn y Cr ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ). Mientras que al suelo y al sustrato (suelo + *compost*) se determinó el contenido Cd y Pb, por sobrepasar estos, los límites máximos permisibles para un *compost clase C* (Rosal y col. (2007). Estos mismos elementos fueron determinados a los órganos de las plantas al final de la cosecha.

El análisis de metales pesados del *compost* y su extracción de los órganos vegetales se realizó según la Instrucción Analítica IA 6746:10-1999 y IA 6746: 11-1999 (CEADEN, 2010) y (Rodríguez, 2010).

Los resultados experimentales fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño completamente aleatorizado y se comprobó previamente la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett.

Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete estadístico STATGRAPHICS Versión 5.1 y para realizar los gráficos el programa Microsoft excel, ambos en ambiente Windows.

### Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan los contenidos de metales pesados detectados en los *compost* elaborados a partir de los RSU procedentes del Centro Ecológico de Procesamiento de Residuos Urbanos (CEPRU) "Los Cocos" en el municipio Guantánamo, donde se observa que estos elementos se encuentran en un orden decreciente  $\text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Cd}$ . De forma general, en el *compost* los mayores contenidos de metales pesados corresponden al Pb y el Zn y los menores al Cd.

Tabla 1. Contenidos totales de MP en *compost* obtenidos a partir de los RSU procedente del CEPRU.

<b>Metal</b>	<b>Contenidos totales de MP</b> ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	
	<b>LMP</b> <i>Para compost clase C</i>	<b>Abono orgánico</b> <b>Compost "Los Cocos"</b>
<b>Cadmio (Cd)</b>	3	$3,79 \pm 1,33$
<b>Plomo (Pb)</b>	250	$333,60 \pm 28,70$
<b>Zinc (Zn)</b>	1 000	$942,90 \pm 0,35$
<b>Cobre (Cu)</b>	400	$149,60 \pm 2,54$
<b>Cromo (Cr)</b>	300	$150,50 \pm 10,70$

$(X \pm s) = (\text{Media} \pm \text{Desviación Estándar})$ .

Los mayores contenidos de zinc (Zn) y plomo (Pb) indican que existen fuentes de contaminación por estos elementos que están siendo vertidas, sin previo tratamiento en los basureros públicos, donde el Pb proviene fundamentalmente de talleres de soldadura y quema de combustibles. El Zn por su parte proviene de los coloides orgánicos e inorgánicos vertidos en los desechos urbanos. En el caso del cadmio (Cd), los menores contenidos se deben a que este elemento se encuentra en los suelos asociado al zinc (Zn) en pequeñas cantidades, además de encontrarse en los acumuladores de los carros, pero su toxicidad

hace que los niveles máximos permisibles sean mucho menores que el de los restantes elementos.

Estos resultados reafirman lo planteado por Abad (1998) y García (2008), quienes coinciden en afirmar que la basura doméstica contiene materiales como latas, pinturas, baterías de Cd-Ni y otros productos, los cuales son fuentes importantes de MP (Alloway, 1995 b y Kabata-Pendias y Pendias, 2001).

Como se puede observar los niveles de Metales pesados detectados en los compost confirman lo planteado por diferentes autores, quienes informan que estos residuos orgánicos no deben ser empleados para la producción de alimentos (García, 2008), menos aún en las hortalizas de hojas (Martínez-Iñigo y col, 2009), las cuales son plantas extractoras, principalmente de plomo (Pb) y de cadmio (Cd) (Guzmán, 2006).

Los resultados obtenidos en esta investigación son de gran importancia debido a que estos elementos pueden ingresar a la cadena trófica, a través de la absorción por las raíces de las plantas superiores, a pesar de que dicha absorción depende de diferentes factores, tales como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica, entre otros, los cuales influyen considerablemente en la movilidad de los metales en el suelo y su traslocación a los diferentes órganos de las plantas.

La traslocación de estos metales pesados hacia los órganos de las plantas y su posterior introducción a la cadena trófica representa un grave peligro para la salud animal y humana, aún cuando los niveles iniciales no sobrepasen los Límites Máximos Permisibles, la acumulación progresiva en el tiempo puede generar diferentes afectaciones en el organismo humano.

La Tabla 2, muestra el contenido de plomo (Pb) y de cadmio (Cd) en las muestras de suelo y del sustrato conformado para el cultivo de las plantas hortícolas. De forma general, se observa que los contenidos totales de Cd y Pb en el sustrato, superan considerablemente los contenidos encontrados en el suelo natural (SPS), y además sobrepasa los límites máximos permisibles informados por las regulaciones internacionales (Kabata-Pendias y Adriano, 1997).

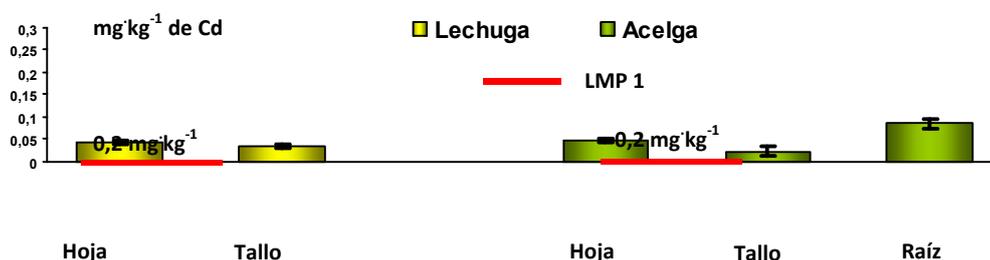
Tabla 2. Contenidos totales de plomo (Pb) y de cadmio (Cd) en las muestras de suelos y sustrato.

Muestras	Contenido total de MP (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Cd	Pb
Suelo Pardo Sialítico (SPS)	1,77 ± 0,05	23,20 ± 2,95
Sustrato (suelo + Compst 1:1)	<u>3,48 ± 0,68</u>	<u>345,60 ± 14,08</u>
LMP (Kabata-Pendias y Adriano, 1997).	<u>3</u>	<u>150</u>

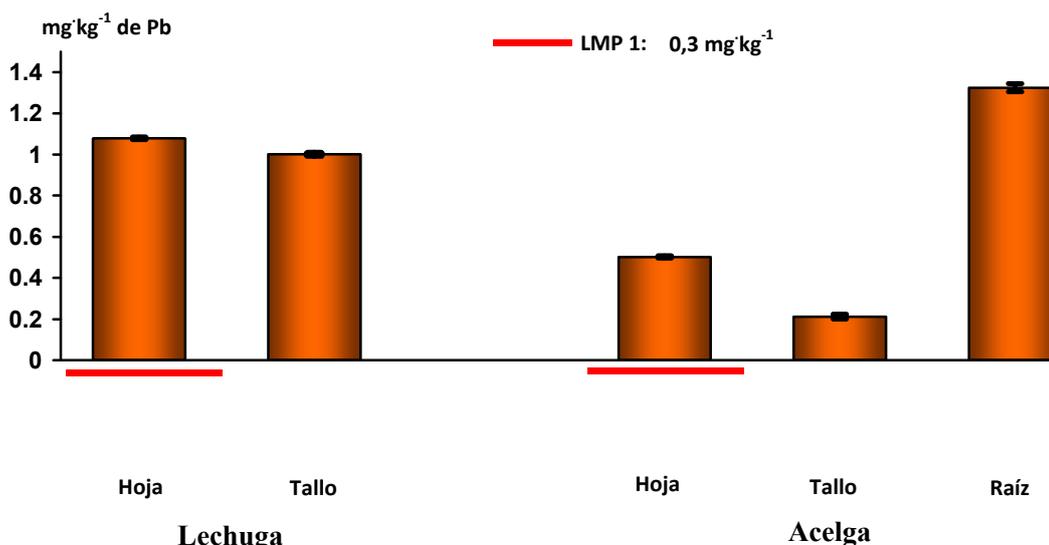
Los resultados encontrados pudieran guardar relación con la presencia de posibles focos de contaminación por productos derivados de la aplicación de fertilizantes en explotaciones agrícolas en áreas urbanas o del vertido de residuales sólidos de talleres de automóviles, los cuales ingresan a los basureros urbanos a través de restos o residuos de baterías y de diferentes tipos de combustible (García, 2008). A pesar de esto una buena labor de

clasificación de los RSU antes de ser compostados y aplicados a los sistemas de producciones agrícolas pudiera disminuir considerablemente los niveles de metales en su composición. En este sentido, Nogales (2000) y Sainz (2001), coincidieron en afirmar que para disminuir los niveles de MP en los compost de RSU se requiere de una previa clasificación de los desechos urbanos, desde su origen, mediante el empleo de diferentes depósitos selectivos para la basura.

La evaluación de la traslocación del cadmio a los diferentes órganos de las plantas de lechuga y acelga, se explica en la figura 2, en la cual se pudo observar que en ambos cultivos, este elemento presenta valores por debajo del límite máximo permisible (Codex Stan, 2007) para todos los órganos de la planta evaluados, Por el contrario, los contenidos de Pb (Figura 3) son superiores a los máximos permisibles.



**Figura 2.** Contenidos totales de Cd en los órganos de la sucesión de cultivo Lechuga-Acelga. Tratamiento G-I LMP 1: Para hortalizas de hojas, según Codex Stan 193-1995 (2007). El contenido de Pb obtenido en el *compost* que se utilizó en este ensayo, fue de 345, 60 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo, esta concentración fue suficiente para contaminar los dos cultivos de la sucesión, no haciéndolas aptas para su consumo por el hombre. Como se explicó anteriormente, las concentraciones elevadas de plomo (Pb) se corresponden con los altos contenidos de este metal encontrado en el *compost* de los RSU utilizado para la siembra de los cultivos.



**Figura 3.** Contenidos totales de Pb en los órganos de la sucesión de cultivo Lechuga-Acelga en el tratamiento G-I LMP 1: Para hortalizas de hojas. (Codex Stan 193-1995, 2007).

El mayor contenido de Pb en la lechuga se encuentra en las hojas, lo que coincide con estudios realizados por Silva (2004). Por el contrario, en la acelga, la mayor acumulación sucede en la raíz. No obstante, el contenido en las hojas es elevado y sobrepasa el máximo permisible. Los resultados reiteran que estas hortalizas, donde la parte comestible es precisamente la de mayor acumulación de estos MP pueden dar lugar a daños irreversibles para la salud (Moreno, 2003).

Los resultados demuestran que debido a la imposibilidad de mantener un adecuado monitoreo de los *compost* producido a partir de RSU extraídos de los vertederos, dada la heterogeneidad de los desechos empleados en su confección, que estos no deben ser empleados para la producción de alimentos, debido al grave peligro que representan para la cadena trófica. Varios autores consideran que estos, pudieran ser utilizados para la producción de plantas forestales en viveros y plantas ornamentales (García, 2008) y (Rodríguez, 2010).

### **Conclusiones.**

1. Los *compost* obtenidos a partir de los residuos sólidos urbano proveniente de la basura doméstica extraída del CEPRU “Los Cocos”, presentan contenidos de Cd y Pb, por encima de los límites máximos permisibles.
2. Los sustratos preparados a partir de los *compost* proveniente de la basura doméstica, presentan contenidos de Pb y de Cd que sobrepasan los límites máximos permisibles.
3. Las concentraciones de Pb rebasan los límites máximos permisibles en los órganos de las plantas de lechuga y acelga.
4. Los *compost* producidos a partir de la basura doméstica no deben ser empleados para la producción de hortalizas, sin previo análisis del contenido de metales pesados.

### **Recomendaciones.**

Mantener la prohibición del empleo de los *compost* producidos a partir de la basura doméstica, extraída de los vertederos, sin previa clasificación para la producción de alimentos hasta que se cuenten con condiciones adecuadas de clasificación de los Residuales Urbanos y de su control analítico.

### **Bibliografía.**

- Alcántara, F. (2008). *Palestra: Manejo Orgânico do Solo em uma Horta Urbana. Laboratorio Fertilidade do Solo. Embrapa Hortaliças*. Brasília, Brasil.
- Alloway, B. J. (1995). *The Origin of Heavy Metals in Soils*. In: Alloway, B.J., ed. *Heavy metals in soils*. (2da ed.).
- Campos, M. L. N. d. S., F.; Furtini, A. E.; Guimarães, L. R.; Marques, J.J. J. y Silveira, A. . (2005). Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesq. agropec.*, 40(4), 361-367.
- CEADEN. (2010). *Determinación de metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica en suelo*.
- García, C. (2008). *Evaluación de las características químicas y microbiológicas del humus de lombriz formado a partir de los Residuales Sólidos Orgánicos Urbanos (RSOU) tratados*

- mediante la Lombricultura*. Tesis en opción al título de Master en Ciencias del Suelo, La Habana.
- Giuffré, L. R., S.; Marbán, L. (2007). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *SUELO*, 23.
- Kabata-Pendías, A. a. P., H. (2001). Trace elements in soils and plants., 49.
- Kabata-Pendias, A. a. A., D.C. (1997). Trace Metals balance in Soil - a current problem in Agriculture. In: Biogeochemistry of trace Metals. *Science Reviews*.
- Malavolta, E. e. F. d. M., M. . (2006). Sobre a sugestão dos metais pesados tóxicos em fertilizantes e sobre a portaria 49 de 25/04/2005 da Secretaria de Defesa agropecuaria do Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. *Informações Agronomicas*, 114.
- Moreno, A. (2006). Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. *Agric. Téc*, 65(1), 26-34.
- Rodríguez, M. (2010). *Evaluación de los contenidos de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos*. Tesis en opción al título académico de master en ciencias del suelo.
- Rosal, A. P., J.P.; Arcos, M.A. y Dios, M. (2007). La incidencia de metales pesados en compost de residuos sólidos urbanos y en su uso agronómico en España. *Información Tecnológica.*, 15, 75-82.
- Sainz, H. (2001). *Desarrollo de procesos de vermicompostaje para el aprovechamiento agrícola de subproductos generados por la industria del olivar*". Tesis de Doctorado., Universidad de Almería.
- Silva, C. (2004). *Adsorção competitiva de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos. Tesis Mestre em Agronomia, área de concentração: Solos e nutrição de plantas*. Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.
- Stan, C. (2007). *Norma General del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos*.

**Fecha de recibido: 28 feb. 2013**  
**Fecha de aprobado: 26 may. 2013**