



NOTA TÉCNICA

Contenido de metales pesados como criterio de calidad de suelos

Heavy Metals Content as Soil Quality Criteria

Dr.C. Olegario Muñiz Ugarte¹

Instituto de Suelos, Boyeros, La Habana, Cuba

RESUMEN. En la actualidad, los efectos que producen los metales pesados (MP) en los suelos y su influencia en el desarrollo de las plantas y los animales, constituyen un importante componente de la calidad del suelo que atenta contra la Seguridad Alimentaria. En Cuba se ha trabajado en establecer los valores permisibles de metales pesados en los suelos, sustratos y abonos orgánicos en proyectos de investigación; así como su contenido en la agricultura cubana, fundamentalmente en los casos de cadmio (Cd), plomo (Pb), níquel (Ni), cromo (Cr), cinc (Zn) y cobre (Cu). La presente nota técnica pretende resumir las metodologías y criterios de posible uso para la evaluación de los contenidos de algunos MP en suelos, sustratos y abonos orgánicos en Cuba.

Palabras clave: contaminación del suelo, métodos analíticos, criterios de evaluación.

ABSTRACT. Currently, the effects produced by heavy metals (HM) in soils and its influence on the development of plants and animals, constitute an important component of soil quality that threatens Food Security. In Cuba in research projects was studied the permissible values of heavy metals in soils, substrates and organic fertilizers, as well as its content in Cuban agriculture, mainly in the cases of cadmium (Cd) and lead (Pb), nickel (Ni), chromium (Cr), zinc (Zn) and copper (Cu). This technical note aims to summarize the methodologies and criteria to be used for the evaluation of HM content in soils, substrates and organic fertilizers in Cuba.

Keywords: Soil Contamination, Analytical Methods, Evaluation Criterion.

INTRODUCCIÓN

La Constitución de la República de Cuba de 2019, establece el deber de los ciudadanos cubanos de proteger los recursos naturales, la flora y la fauna y velar por la conservación de un medio ambiente sano. Con este fin, surgió el Decreto Ley 50 aprobado por el Consejo de Estado y su Reglamento, el Decreto 52, ambos de 2021 Gaceta Oficial-Cuba (2021); que establecen un nuevo marco regulatorio que responsabiliza al Ministerio de Agricultura (MINAG), a través de su Sistema de Suelos con la política pública sobre la conservación, mejoramiento, manejo sostenible de suelos y uso de los fertilizantes e incorpora el concepto de la necesidad del Manejo Sostenible de la Tierra (MST) como principio necesario para preservar el recurso natural suelo (y el agua). Se reitera además al Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos (PNMCS) surgido en el año

2001, como soporte para la soberanía y seguridad alimentaria, la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático y la protección de los ecosistemas, e involucra a todos los órganos y organismos de la Administración Central del Estado y a los usuarios de los suelos cuya actividad está relacionada con las producciones agropecuarias y forestales; y entre sus principios establece: Ejecutar y controlar medidas que permitan disminuir y evitar la contaminación de los suelos y las aguas.

La contaminación del suelo

La contaminación del suelo a menudo no puede ser directamente evaluada o visualmente percibida, lo que la convierte en un peligro oculto, (E. N. Rodríguez et al., 2018). Además,

¹ Autor para correspondencia: Olegario Muñiz Ugarte, e-mail: olemuni7@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4872-3606>

Recibido: 16/01/2022.

Aprobado: 14/06/2022.

ralentiza la obtención de la Seguridad Alimentaria, por la reducción del rendimiento agrícola debido a los niveles tóxicos de los contaminantes y la obtención de productos peligrosos para el consumo, (FAO, 2015).

En una revisión de literatura sobre contaminación del suelo en 15 países de Centro América, México y El Caribe, Muñiz (2018), señala que, en esos países, la aplicación de fertilizantes y otros agroquímicos en la agricultura de altos insumos, la minería y los derrames de petróleo, son las principales causas de la contaminación del suelo y los cuerpos de agua contiguos.

La contaminación del suelo por metales pesados (MP)

La contaminación ambiental tiene un impacto considerable en los recursos naturales y en los seres vivos. En la actualidad, los efectos que producen los MP en los suelos y su influencia en el desarrollo de las plantas y los animales, merecen la preocupación y ocupación del hombre porque ponen en peligro la supervivencia en el planeta (Muñiz, 2008). El interés ambiental por la presencia de los MP en suelos agrícolas está relacionado con su carácter acumulativo, su poca biodegradabilidad, su capacidad de acumulación inadvertida en el suelo hasta concentraciones tóxicas y su interacción con diferentes propiedades del suelo que determinan su movilidad y biodisponibilidad, Rodríguez et al. (2018); por lo que constituye un importante componente de la calidad del suelo.

A nivel internacional, se incrementa el interés por conocer los contenidos de elementos tóxicos, principalmente de MP, en suelos y sus riesgos a los ecosistemas y a la salud del hombre. Esta preocupación ha dado lugar a la elaboración de regulaciones con valores permisibles de MP en suelos, sustratos y abonos orgánicos que se emplean en la producción de alimentos; las cuales varían ampliamente entre los diferentes países (Alloway, 2013; Kabata, 2010; Kabata-Pendias & Adriano, 1997). No obstante, antes de plantear una solución a la contaminación por estos MP en los suelos, se debe establecer una distinción entre aquellos que provienen de una fuente natural, como es el material formador del suelo (la roca), de los derivados de la actividad antrópica (humana) (Muñiz et al., 2015).

En Cuba, existen estudios relacionados con la evaluación de la calidad de suelos, específicamente relacionados con los MP por Bolaños et al. (2016); Delince et al. (2015); Martínez (2018); Muñiz et al. (2000, 2014); Pérez et al. (2012); Rodríguez et al. (2015); Rodríguez (2020), por solo citar los más recientes. Se ha trabajado en establecer los valores permisibles de metales pesados en los suelos, sustratos y abonos orgánicos en proyectos de investigación; así como en la evaluación de contenidos de MP en la agricultura cubana, fundamentalmente en los casos de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Cobre (Cu). No obstante, se necesitan más investigaciones para establecer regulaciones en estos materiales y es necesario profundizar en el estudio de metales que como el Arsénico (As), el Mercurio (Hg) y el Selenio (Se), son muy peligrosos para la salud humana Rodríguez (2020).

La presente nota técnica pretende resumir las metodologías y criterios de posible uso para la evaluación de los contenidos de algunos MP en suelos, sustratos y abonos orgánicos, a partir de su uso exitoso por el Instituto de Suelos (Rodríguez, 2020). Se aclara que no constituyen aún Normas Cubanas.

Muestreo y análisis de MP en suelos, abonos orgánicos, sustratos y plantas

Muestreo De Suelos: El muestreo se puede realizar de acuerdo a la metodología descrita en la norma NC 36: (2009), que es la existente para evaluar la fertilidad de los suelos.

Muestreo de abonos orgánicos y *composts*: Se toman tres muestras compuestas conformadas por 15 muestras simples, de las pilas o burros en forma aleatoria. Las muestras se secan al aire y se pasan por un tamiz de 2 mm, de acuerdo a Rodríguez (2020).

Muestreos de Sustratos y Plantas en Organopónicos: Los sustratos se muestrean a una profundidad de 0–20 cm; se toman las muestras, tanto de sustrato como de plantas, en forma de zigzag a lo largo de cada cantero. Las de sustrato conformada cada una por 15 muestras simples y las de planta por 15 hojas, tallo o frutos carnosos o de raíz (parte comestible), de acuerdo a Rodríguez (2020).

Extracción de los contenidos de MP en suelos, sustratos, abonos orgánicos y plantas: Se emplea la Norma USEPA 3051A (USEPA, 1998). Se pesan 0,50 g de cada muestra y se le añaden 12 mL de *aqua regia* invertida, mezcla de ácidos nítrico (HNO₃) y clorhídrico (HCl) puros para análisis (*Merck PA*), en relación 3:1. Se utiliza un horno microondas para la digestión.

Determinación de los contenidos de MP: Para la determinación de los contenidos de Cd, Pb, Zn, Cu, Ni y Cr, se puede emplear un Espectrómetro de Absorción Atómica (*EAA*), aunque por su mayor sensibilidad y precisión, resulta preferible un equipo de Plasma Acoplado conectado a un Espectrómetro de Masa (*ICP-MS*) o a un Espectrómetro de Emisión Óptica (*ICP-OES*). Las especificidades dependerán del equipo empleado.

Criterios para la evaluación de valores permisibles de MP en suelos, sustratos y abonos orgánicos

Las Tablas 1 y 2 muestran los criterios de contenidos máximos permisibles de MP, tomados a partir tanto de las investigaciones realizadas en Cuba, como de los reflejados por la literatura internacional. A partir de la experiencia del autor, se sugiere emplear los de Cuba, en el caso de los suelos (Tabla 1), mientras que para los abonos orgánicos y *composts* (Tabla 2), los de Cuba para el Cd y Pb, mientras que, para el Zn y Cu, los correspondientes a *Compost* Clase B, de acuerdo a Rosal *et al* (2007). En Sustratos, para el Cd y Pb, los de la Instrucción Normativa brasileña (IN SDA 27, 2006). Aunque se muestran valores en la Tabla 2, la información existente hasta el momento en el país, no permite aún sugerir valores permisibles de As y Hg en ninguno de los diferentes materiales evaluados.

TABLA 1. Límites máximos permisibles (LMP) de metales pesados (mg kg⁻¹) en la capa arable de los suelos de acuerdo a diferentes países

LMP, mg kg ⁻¹	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
CEE ¹	3	300	300	140	75	150
Inglaterra ¹	3	300	300	135	75	400

LMP, mg kg ⁻¹	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Cuba ²	4-5	180	450	200	NP ³ - 200 ⁴	NP ³ - 200 ⁴

¹ Adaptado de Kabata-Pendias & Adriano (1997)

² Adaptado de Rodríguez (2020)

³ NP: no se propone, para suelos sobre rocas ultrabásicas o que recibieron sedimentos de las mismas en su formación, como es el caso de los suelos Ferralítico rojo.

⁴ Para el resto de los suelos.

TABLA 2. Límites máximos permisibles (LMP) de metales pesados (mg kg⁻¹) en abonos orgánicos, sustratos y *composts* de acuerdo a diferentes normativas

LMP, mg kg ⁻¹	Cd	Pb	Zn	Cu	As	Hg
Abonos Orgánicos ¹	3	150			20	1
Sustrato ¹	8	300			20	2,5
<i>Compost</i> Clase A. ²	0,7	45	200	70		
<i>Compost</i> Clase B. ²	2,0	150	500	300		
<i>Compost</i> Clase C. ²	3,0	250	1000	400		
Ab. Orgánicos y <i>Compost</i> ³	3	150				

¹ De acuerdo a la Instrucción Normativa brasileña IN SDA 27 (2006)

² De acuerdo al Real Decreto Español 824/2005 según Rosal et al. (2007)

³ De acuerdo a la propuesta de Normativa Cubana, según Rodríguez (2020)

CONCLUSIONES

- La metodología propuesta permite evaluar la calidad del suelo, abonos orgánicos, sustratos y *composts* en lo que respecta al posible contenido permisible de metales pesados.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al proyecto ECOVALOR su patrocinio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B. J. (2013). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (Alloway B. J., 3th. edition). Springer Netherlands, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>, ISBN: 978-94-007-4469-1.
- Bolaños, A. Y., Alonso, H. C. M., Morabito, R., Díaz, A. M., Pinto, V., & Gómez, B. M. (2016). Mercury contamination of riverine sediments in the vicinity of a mercury cell chlor-alkali plant in Sagua River, Cuba. *Chemosphere*, 152, 376-382.
- Delince, W., Valdés, C. R., López, M. O., Guridi, I. F., & Balbín, A. M. I. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 44-50.
- FAO, G. (2015). *Estado mundial del recurso suelo (EMRS)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos, ISBN: 978-92-5-308960-4. <http://www.fao.org/3/ca7597en/CA7597EN.pdf>.
- Gaceta Oficial-Cuba. (2021). Gaceta Oficial-Cuba, Edición Ordinaria. No. 120. *Gaceta Oficial*, 120, 3501-3560, La Habana, Cuba.
- IN SDA 27. (2006). *Instrução Normativa SDA Nº 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos, importados e comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas* (pp. 15-23). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <http://www.agricultura.gov.br>
- Kabata, P. A. (2010). *Trace elements in soils and plants* (4 ed.). CRC press, DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/b10158>, ISBN: 978-1-4200-9368-1.
- Kabata-Pendias, A., & Adriano, D. (1997). Trace Metals balance in Soil-a current problem in Agriculture. En *Biogeochemistry of trace Metals* (by DC Adriano, Zueng-Song Chen and IK Iskandar. Science Reviews, Northwood, pp. 173-191).
- Martínez, A. Y. (2018). *Evaluación de las concentraciones y disponibilidad de metales pesados en suelos destinados al cultivo del tabaco localizados en la llanura sur de Pinar del Río* [Tesis de Doctorado]. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Muñiz, O., Molina, J., Estévez, J., Quicute, S., Vega, E., Montero, A., Pupo, I., & Padilla, R. (2000). Contaminación por metales pesados en algunos de los principales agroecosistemas cubanos. Informe Final del Proyecto 002.042 perteneciente al PNCT Producción de Alimentos por Métodos Sostenibles. Archivos del CITMA, La Habana, Cuba.
- Muñiz, O., Rodríguez, M., Montero, A., Accioly, A., & do Nascimento, A. S. (2014). Criterios de contaminación por metales pesados en suelos y abonos orgánicos en Cuba Ciencias Ambientales. En *Temáticas para el Desarrollo: Vol. Volumen VII* (Ruiz Careaga J., Castelán Vega R., Tamariz Flores V. y Hernández M. A. (Eds) 2014, pp. 83-96). Dirección de Fomento Editorial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Muñiz, U. (2008). *Los microelementos en la agricultura*. Editorial Agroinfor, La Habana, Cuba.
- Muñiz, U. O. (2018). *Regional status of soil pollution: Central America, Mexico and the Caribbean*. 14.

Muñiz-Ugarte: Contenido de metales pesados como criterio de calidad de suelos

- Muñiz, U. O., Rodríguez, A. M., Montero, A. A., Estévez, A. J., Accioly, de A. A. M., & Araujo, do N. W. (2015). El Níquel en suelos y plantas de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 36(Especial), 25-33.
- NC 36: 2009. (2009). *Calidad de Suelos. Muestras* (p. 11) [Norma cubana]. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, Cuba.
- Pérez, L. Y., Moura, do A. S. N., Balbín, A. M. I., Valdés, C. R., & Lima, M. M. O. (2012). Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1), 43-46.
- Rodríguez, A. M., Montero, A., Muñiz, U. O., do Nascimento, C. W. A., de Aguiar, A. A. M., Miranda, B. C., & Agra, B. Y. (2015). Background concentrations and reference values for heavy metals in soils of Cuba. *Environmental monitoring and assessment*, 187(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4198-3>
- Rodríguez, E. N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2018). *Soil pollution: A hidden reality*. FAO, Rome, Italy.
- Rodríguez, M. (2020). *Valores permisibles de Metales Pesados en suelos y abonos orgánicos* [Tesis de Doctorado]. Universidad Agraria de La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba..
- Rosal, A., Pérez, J. P., Arcos, M. A., & Dios, M. (2007). La incidencia de metales pesados en compost de residuos sólidos urbanos y en su uso agronómico en España. *Información tecnológica*, 18(6), 75-82.
- USEPA. (1998). *Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils* (p. 14). United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Olegario Muñiz Ugarte, Inv. Titular, Instituto de Suelos, Boyeros, La Habana, Cuba,
e-mail: olemuni7@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4872-3606>

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por el autor ni por el editor.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola,
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



IAgriC
Instituto de Investigaciones
de Ingeniería Agrícola

**desarrollamos
y comercializamos**

- Elementos para Sistemas de Riego.
- Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.
- Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.
- Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.
- Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.

INFORMACIÓN: Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranjo
E-mail: agriccomercial@minag.cu Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665