

ARTÍCULO ORIGINAL**Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas***Content of metallic elements in soils typical of the San Jose de las Lajas municipality*

Yusimí Pérez López¹, Nelson Moura do Amaral Sobrinho², María Irene Balbín Arias³, Ramiro Valdés Carmenate³
y Marcio Osvaldo Lima Magalhães⁴

RESUMEN. Actualmente, en todas las regiones del mundo se ha concientizado sobre la necesidad humana de disponer de un medio ambiente aceptable en todos los órdenes, siendo precisamente el de su contaminación uno de los más sensibles desde el punto de vista social. Los medios naturales susceptibles y que de hecho están siendo contaminados son: el agua, el suelo y el aire. Asociados a procesos de contaminación se encuentran elementos metálicos (metales pesados (MP) que están presentes en suelos ya sea como componentes naturales o resultados de la actividad humana. En numerosos países se ha logrado evaluar la extensión de la contaminación comparando los tenores totales de MP en un área dada con los encontrados en condiciones naturales o a través de valores orientadores (VO); sin embargo en nuestro país no se han logrado establecer en condiciones naturales y se ha tenido que emplear para su estudio las metodologías de países como Brasil. Teniendo en cuenta este antecedente en el trabajo se seleccionaron dos tipos de suelos con baja actividad antrópica; se determinaron los tenores de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn y se analizaron las propiedades físico-químicas para obtener las mejores relaciones estadísticas que pudieran ser empleadas en la estimación de valores de concentración de MP en condiciones naturales. La metodología para la extracción con agua regia de los metales en los suelos fue propuesta por ISO 11466. Los resultados obtenidos permiten establecer una metodología novedosa para proponer por primera vez valores orientadores de metales pesados en suelos con poca actividad agrícola.

Palabras clave: contaminación, metales pesados, valor orientador.

ABSTRACT. At the moment, in all the regions of the world it has been informed about the human necessity of having an acceptable environment in all the orders, being in fact that of their contamination one of the most sensitive from the social point of view. The susceptible natural means and that in fact they are being contaminated they are: the water, the soil and the air. Associated to processes of contamination they are metallic elements (heavy metals (MP) that are present in soils either as natural components or results of the human activity. In numerous countries it has been possible to evaluate the extension of the contamination comparing the total tenors of MP in an area given with the opposing ones under natural conditions or through value guides (VO); however in our country they have not been possible to settle down under natural conditions and it has been had to use for their study the methodologies of countries like Brazil. Keeping in mind this antecedent in the work two types of soils was selected with low activity antrópica; the tenors of Cd were determined, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn and the physical-chemical properties were analyzed to obtain the best statistical relationships that could be employees in the estimate of values of concentration of MP under natural conditions. The methodology for the extraction with regal water of the metals in the soils was proposed by ISO 11466. The obtained results allow establishing a novel methodology to propose for the first time you value guides of heavy metals in soils with little agricultural activity.

Keywords: contamination, heavy metals, value guide.

Recibido 25/06/10, aprobado 10/12/11, trabajo 07/12, artículo original.

¹ M.Sc., Prof, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Dpto. Producción Agrícola, Grupo FITOPLANT, Facultad de Agronomía, Cuba, E-✉: yusimi@isch.edu.cu

² Dr.C., Pof., Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro (UFRRJ), Dpto. de Suelos. Instituto de Agronomía, Brasil.

³ Dr.C Prof, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Agronomía, Dpto. Química, Grupo FITOPLANT, Cuba.

⁴ M.Sc., doctorante, Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro (UFRRJ), Dpto. de Suelos. Instituto de Agronomía.

Colaboradores: Dr.C. Aldo López, Dr.C. Orestes Cruz La Paz y Dr.C. Fernando Guridi Izquierdo, profesores de la Universidad Agraria de La Habana, a quienes se le agradece su participación en la investigación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el medio ambiente es uno de los temas más discutidos y de mayor significado para las naciones desarrolladas y en especial las consecuencias desastrosas de la contaminación de los suelos, las aguas subterráneas y de la vulnerabilidad de los agroecosistemas. El suelo es uno de los más importantes componentes del ambiente y también el de mayor riesgo por las cantidades de contaminantes emitidos por la actividad antrópica (Fadigas *et al.*, 2002).

Entre los contaminantes que habitualmente podemos encontrar están los Metales Pesados (MP) que pueden tener su origen en el medio ambiente ya sea natural como antropogénico (Adriano, 1986; Alloway, 1995).

Estas concentraciones naturales de metales pueden llegar a ser tóxicas para el crecimiento de las plantas. De no existir interferencia humana, el contenido de MP en el suelo depende de las rocas o material litogénico y del proceso de intemperización al que estos estuvieron sujetos.

En la actualidad existe la tendencia a nivel internacional que para evaluar si un suelo está contaminado o cual es su nivel de contaminación con MP se comparan los tenores de estos con valores orientadores, de referencia o patrón que establecen diversas legislaciones mundiales. Según Fadigas (2006), existen diferentes metodologías para establecer los valores de referen-

cia para metales pesados en suelos entre ellos el uso de valores considerados normales citados en la literatura. En Cuba no se ha logrado establecer estos valores orientadores o de referencia de ahí que este trabajo tiene como objetivo evaluar los contenidos de elementos metálicos en un suelo ferralítico rojo hidratado (FRH) y ferralítico amarillento lixiviado (FAL) con muy poca actividad antrópica, con lo cual podemos llegar a conocer los tenores naturales que poseen dichos suelos.

Para ello se seleccionaron 7 elementos metálicos caracterizados como MP que en determinadas condiciones se convierten en un peligro para la seguridad alimentaria. Así mismo se determinaron algunas propiedades físicas y fisicoquímicas que permitieran interpretar los contenidos de estos MP a partir de la roca que soporta a dichos suelos. De esta forma se tendría una primera aproximación de la contaminación antrópica.

MÉTODOS

Localización geográfica del área de estudio

El área de estudio pertenece al municipio San José de las Lajas en la actual provincia Mayabeque y dentro del territorio un área aledaña a la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), se muestra en la Figura 1.

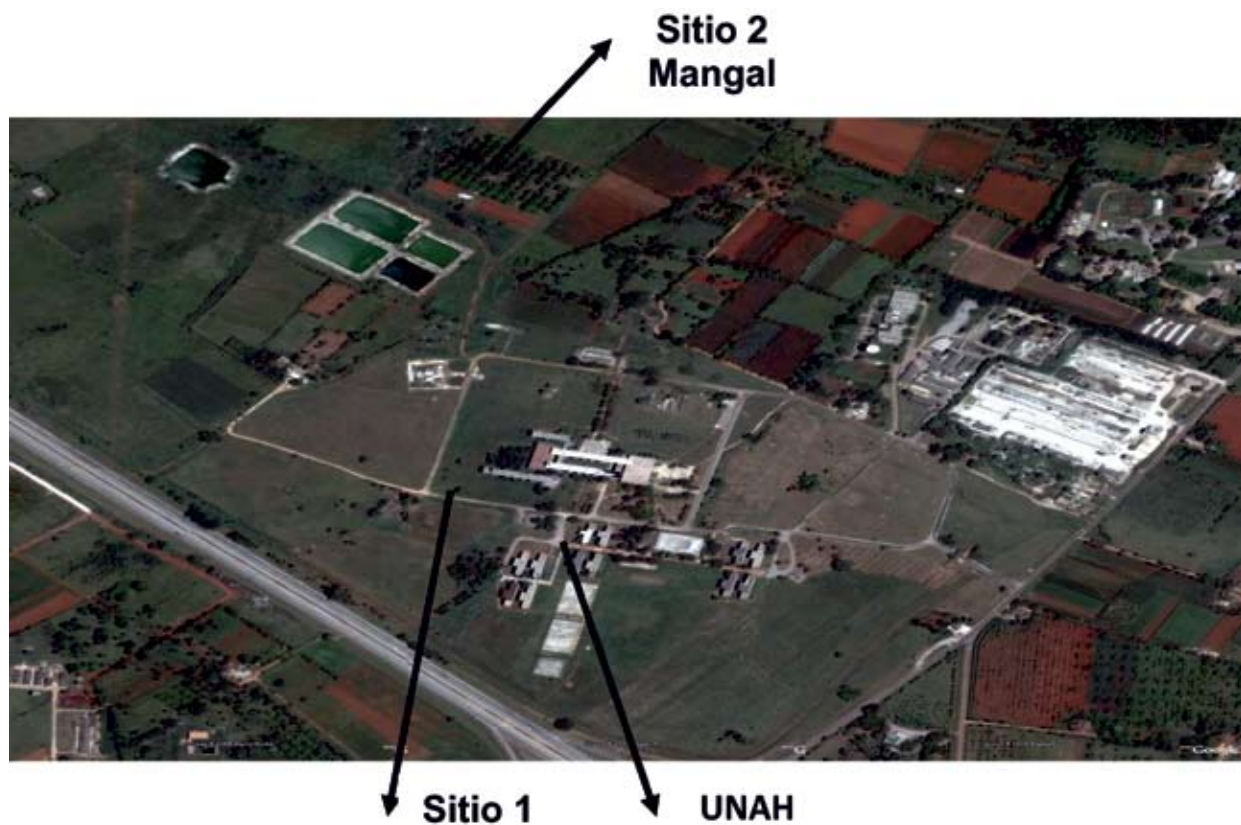


FIGURA 1. Ubicación geográfica del sitio en estudio.

La selección de los sitios de estudio se basó en la utilización de métodos participativos para el diagnóstico a través de visitas a diferentes zonas del municipio; analizando casos concretos propuestos por docentes e investigadores y en intercambio con pobladores de la zona para que los sitios tuvieran la menor incidencia de fuentes contaminantes y del hombre considerándose por tanto como de muy poca actividad antrópica.

Colecta y preparación de las muestras de suelo

Se escogieron según la clasificación del Instituto de Suelos (1999), además se tuvo en cuenta el criterio de representatividad del agrupamiento ferralítico en la provincia, colectándose en el sitio 1 suelo Ferralítico amarillento lixiviado (FAL) y en el sitio 2 Ferralítico rojo hidratado (FRH) estos sitios tienen la característica que por más de 35 años no se cultiva de forma extensiva por lo que se consideran muy poco antropizados. Durante los muestreos se identificó la vegetación existente siendo representativa las familias *Poaceae* y *Verbenaceae* con especies como: *Cynodon dactylon* L, *Brachiara sudcuadrifaria*, *Pseudoelephantopus sp* y *Tectonis grandis*.

La colecta de suelo fue a una profundidad de 0-30 cm, las muestras se secaron a temperatura ambiente durante siete días, se trituraron en un mortero de ágata y se tamizaron utilizando un tamiz de malla de nylon, con una abertura de 210 mm.

Análisis químicos y físico-químicos

Los análisis químicos y físico-químicos de las muestras colectadas siguió la metodología descrita en el manual de métodos de análisis de suelos de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997).

Métodos para la cuantificación de los elementos metálicos (MP)

Las muestras de suelo fueron sometidas a extracción con agua regia según las normas ISO 11466.

Los extractos resultantes fueron analizados por espectrofotometría de absorción atómica con llama en un equipo VARIAN-55B con LD ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de 0,03 para Cd, 0,15 para Pb, 0,01 para Cu, Ni y Zn.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados de los análisis químicos y físico-químicos de los suelos Ferralítico amarillento lixiviado (FAL) y Ferralítico rojo hidratado (FRH). Como se puede observar los valores de pH para el caso del FRH es neutro y para el FAL es ligeramente ácido según las tablas de interpretación de resultados (Martín, 2000; Martín, 2003). Pudiera explicarse ello a la constitución de las rocas formadoras de estos tipos de suelos, que son rocas sedimentarias ricas en carbonato de calcio donde en nuestro caso los suelos de la provincia presentan cerca del 80% con manifestaciones de fenómenos cársicos. Además se obtiene un porcentaje medio de materia orgánica en el suelo FRH y, bajo en el FAL según Martín (2001).

TABLA 1. Propiedades físico-químicas de los suelos en estudio

Prof (cm)	pH 1:2,5	Ca	Mg	K	Na	H+A ¹	Al	S ²	T ³	V ⁴	m ⁵	n ⁶	Corg ⁷	MO ⁸	P
				Cmol./dm ³				-----%				mg/L			
Ferralítico rojo hidratado (FRH)															
0-30	6,8	21,9	4,8	0,19	0,149	4,1	0	27	31,1	86,9	0	0,5	1,6	2,7	146,3
Ferralítico amarillento lixiviado (FAL)															
0-30	6,1	7,7	3,4	0,03	0,007	5,8	0	11,07	16,84	66	0	0	0,95	1,64	74,6

¹Acidez potencial, ²Sumatoria de bases, ³Capacidad de cambio catiónico, ⁴Saturación de bases, ⁵Saturación por Al, ⁶Saturación por Na, ⁷Carbono orgánico, ⁸Materia orgánica.

En la Tabla 2 se representan los valores naturales obtenidos en la determinación de MP en ambos suelos. Cuando analizamos los resultados y los comparamos con algunos que han sido reportados por la literatura nacional e internacional podemos expresar que según Muñiz *et al.* (1988), al estudiar suelos ferralíticos de la provincia de La Habana, los valores de este trabajo se encuentran en los rangos que establecen estos autores solo para el caso del Zn y Pb en el FAL están por encima de los rangos que establecen los mismos.

TABLA 2. Valores naturales de elementos metálicos en los suelos FRH y FAL

Elemento metálico	FRH	FAL
<i>mg/kg</i>		
Cu	98	114
Mn	3 609	2 608
Zn	51	198
Pb	40	57
Ni	62	136
Fe	64 855	61 753
Cr	26	43

FRH. Ferralítico rojo hidratado FAL. Ferralítico amarillento lixiviado

Cuando comparamos los valores de **Cu** con algunos valores orientadores planteados por la CETESB (2005), los obtenidos en nuestro trabajo para ambos suelos están por encima del rango que establece esta institución internacional, coincidiendo además con los que se reportan en Holanda por Crommentuijij *et al.*, (2000). Sin embargo no coincide con los que reportan Fadigas *et al.*

(2006) y Kabata-Pendias & Pendias (2001) al estudiar algunos suelos de Brasil y del mundo.

Con relación al **Mn** y al **Fe** no se reportan en la literatura consultada los valores orientadores o de referencia, este comportamiento de elevados valores es característico de los suelos del agrupamiento ferralítico.

Al valorar el resultado obtenido para el **Zn** en el suelo FRH podemos decir que los obtenidos en este trabajo están en los rangos que establecen cada uno de los autores y organismos que se han citado anteriormente sin embargo en el suelo FAL no se comporta de igual forma donde Muñiz *et al.* (1988), la CETESB (2005) y Fadigas *et al.* (2006), lo reportan por encima de los límites que estos establecen no coincidiendo con Kabata-Pendias & Pendias (2001).

El comportamiento del **Pb** en el FRH está en el rango que establecen cada uno de los autores citados anteriormente pero para FAL este se encuentra por encima de los rangos que establecen Muñiz *et al.* (1988); la CETESB (2005) y Fadigas *et al.* (2006).

Para el caso del **Ni** en ambos suelos el valor que se obtuvo se encuentra en el rango establecido por Muñiz *et al.* (1988) y Kabata-Pendias & Pendias (2001); no coincidiendo con los citados por la CETESB (2005) y Fadigas *et al.* (2006), reportándose muy elevados en ambos suelos.

El resultado obtenido con el **Cr** solo se reporta por Muñiz *et al.* (1988) y el mismo se encuentra en los límites normales.

Evaluando los resultados obtenidos en la determinación de los valores naturales de **Cu**, **Zn**, **Pb**, **Ni**, **Cr**, **Mn** y **Fe** en ambos suelos y comparándolos con los valores orientadores o de referencia de los suelos citados en la literatura internacio-

nal podemos expresar que en algunos casos los valores de MP estuvieron por encima o por debajo de los reportados y en el caso de otros (Fe y Mn) no se reportan, con esto se constata que existe una gran variación en cuanto a tenores naturales de MP en diferentes tipos de suelo ya que las condiciones en cuanto a procesos de formación y características físico-químicas de los mismos son variadas como lo demostró Fadigas *et al.* (2002) en un grupo de suelos brasileños. Es por ello que los resultados en este estudio son un punto de partida para establecer en nuestras condiciones los valores de referencia para estos dos tipos de suelos del municipio San José de las Lajas en la Provincia La Habana.

Teniendo en cuenta la caracterización de la vegetación de los sitios en estudio podemos expresar que las especies de la familia *Poaceae* son consideradas como acumuladoras, particularmente del níquel (Ni) en el Caribe según plantean Brooks (1987); Reeves (1992) citados por Berazaín (2002). En el caso de la especie *Cynodon dactylon* L. está reportada por la literatura como planta con características de hiperacumulación que posee un nivel elevado de tolerancia a metales pesados, especialmente a Arsénico (As) Perronet (2003).

CONCLUSIONES

- En el suelo ferralítico amarillento lixiviado (FAL) se encontraron valores naturales de MP por encima de los valores de referencia citados en la literatura como fueron el Pb, Zn y Ni no siendo así para el suelo ferralítico rojo hidratado (FRH).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.: *Introduction. In Trace elements in the terrestrial environment*, Adriano, D.C., ed., pp. 1-45, Ed. Springer Verlag, New York, 1986.
- ALLOWAY, B.J.: *The origin of Heavy Metals in Soils. In Heavy metals in soils*, Alloway, B.J., ed., second edition, pp. 38-57, Blackie Acad. professional, UK, 1995.
- BERAZAÍN, R.: *Notas sobre las plantas tropicales americanas acumuladoras de níquel*, Jardín Botánico Nacional, La Habana, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: *Manual de métodos de análisis de solos*, 214pp., 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, Brasil, 1997.
- FADIGAS, F.S; B. AMARAL SOBRINHO; N. MAZUR; C. ANJOS E A.A. FREIXO: "Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros", *R. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, 10(3): 699-705, 2006.
- ISO 11466 INTERNATIONAL STANDARD: *Soil quality-Extraction of trace elements soluble in aqua regia*, 03-01, 1995
- KABATA-PENDIAS, A. & H. PENDIAS: *Trace Elements in Soils and Plants*, Third Edition. CRC Press, Boca Raton, USA, 2001.
- LENNTECH: *Metales pesados [en línea] enero 2005*, Disponible en: <http://www.lennotech.com>. [Consulta: mayo 18 2005].
- MARTÍN, N. J.: *Tablas de interpretación de análisis de suelo*, 7pp., DICT, Universidad Agraria de La Habana, 2000.
- MARTÍN, N. J.: *Propiedades físicas del suelo*, 25pp., Partes I y II, DICT, Universidad Agraria de La Habana, 2001.
- MARTÍN, N. J.: *Manual de laboratorio, Métodos para el análisis físico de los suelos*, Anuario electrónico de la Universidad Agraria de La Habana, Ciencia en la UNAH, ISBN 959-16-0207-3. 2003, La Habana, 2003.
- MUÑIZ, O., N. AROZARENA y M. GRÜN: Contenido de Cd, Pb, Cu, Zn, Ni y Cr en los principales suelos cubanos. En: **1er Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo**, Resúmenes, pp.224, La Habana, 1988.
- PERRONET, K.: "Distribution of Cadmium and zinc in the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown on multicontaminated soil", *Review plant and soil*, 249: 19-15, 2003.