

VALORES DE METALES PESADOS EN SUELOS DE LA PROVINCIA LA HABANA EN CONDICIONES NATURALES

N. M. B. Amaral Sobrinho¹; Y. P. López²; J. M. Febles González²; M. O. L. Magalhães¹; J. N. Guedes¹; H. J. O. Zoffoli¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Brasil. Correo electrónico: nelmoura@ufrj.br

² Universidad Agraria de La Habana. Cuba. Correo electrónico: febles@isch.edu.cu

RESUMEN

El trabajo tiene por objetivo determinar las concentraciones de metales pesados en suelos de la provincia La Habana, para proponer los valores de referencia de calidad para los principales tipos de suelos. Fueron colectados muestras de once tipos de suelos representativos de la provincia a dos profundidades y evaluados los contenidos de metales pesados. Luego de un análisis de agrupamiento los suelos fueron divididos en cuatro grupos por semejanzas en los contenidos de Cu, Zn, Cd, Pb, Ni y Cr. Se demuestra que ocurre una gran variación de los tenores naturales de metales pesados en los diferentes tipos de suelos y muchos de los valores encontrados están por encima de los comúnmente reportados por la literatura internacional especializada.

Palabras clave: elementos traza, fondo geoquímico, valores de referencia, Cuba

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados están naturalmente presentes en los suelos aún cuando no hayan tenido perturbación antrópica en el ambiente, y el aumento en sus concentraciones puede ocurrir tanto por procesos naturales como por actividades antropogénicas (Guilherme et al., 2005).

Para avalar si un determinado suelo está contaminado y cuál es el nivel de contaminación es frecuente comparar los tenores totales de metales pesados desde suelos con valores orientadores, que pueden ser los valores de un suelo no contaminado o valores de referencia de calidad (patrones), que son establecidos por diversas legislaciones mundiales.

En Cuba debido a la gran explotación de recursos naturales, prácticamente no encontramos vegetación natural. Esto es también indicativo que los suelos pertenecientes al archipiélago cubano también han sido bastante perturbados (Febles González et al., 2010).

Hasta el presente en Cuba no se han definido los valores de referencia de metales pesados que avalen el nivel de contaminación de los suelos. Considerando que los niveles naturales de metales pesados varían con los tipos de suelos, sería adecuado comparar los valores de referencia de calidad propuestos por legislaciones de otros países.

La provincia La Habana es donde se concentran los suelos más productivos del país, así como las regiones de mayor producción agrícola, densidad de población y con las cuencas de abastecimiento de agua más importantes. Esta situación adquiere relevancia nacional por lo que se sugiere la provincia La Habana como punto de partida para la toma de valores de referencia de metales pesados en los suelos (Febles González et al., 2005).

Teniendo en consideración estos antecedentes el trabajo tiene por objetivo la determinación de los contenidos de metales pesados en los principales tipos de suelos de la provincia La Habana..

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en localidades de la porción central de la provincia La Habana con una distribución espacial uniforme y las muestras de suelos fueron colectadas en ambientes con una diversidad biológica funcional al amparo de una vegetación que ha permanecido prácticamente virgen, o al abrigo de la regeneración natural del componente arbóreo.

Unido a lo anterior se seleccionaron los suelos de acuerdo a criterios de representatividad de cada tipo de suelo (Tabla 1).

Tabla 1 Resumen de los principales tipos de suelos en las áreas investigadas

Tipos de suelos	Área (km ²)	%
Pardo Sialítico (Pardos con carbonatos y sin carbonatos)	1561,3	24,2
Ferralíticos (Ferralítico Rojo Hidratado; Ferralítico Rojo Típico Humificado; Ferralítico Amarillento; Gley Ferralítico Amarillento)	1429,3	22,1
Ferrálicos (Ferrálico Típico eútrico)	854,4	13,2
Ciénagas Costeras, con predominio de Histosol	540,8	8,4
Húmico Sialítico (Húmico Carbonático)	489,9	7,6
Hidromórfico	445	6,9
Poco Evolucionado	307,9	4,8
Fersialítico (Fersialítico Pardo Rojizo)	183,7	2,8
Fluvisol	141,8	2,2
Alítico	56,06	0,9
Vertisol	14,8	0,2
Ferrítico (Ferrítico Típico)	1,4	0,02
Total	6026,36	93,32

Nota: Los suelos resaltados en negrita han sido muestreados

Las muestras simples fueron colectadas en lo perfil del suelo a las profundidades 0-20 cm (muestras A) y 20-40 cm (muestras B); contemplando 11 tipos de suelos de la provincia La Habana de acuerdo con la Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernandez et al., 1999). Las mismas fueron trituradas, molidas y pasadas por el tamiz de 210 μm y sometidas a extracto de agua regia ($3\text{HNO}_3+1\text{HCl}$), uno extractor ácido para cuantificar los contenidos pseudototales (non rompe las estructuras de silicatos) (ISO, 1995) con cinco repeticiones analíticas por amuestra.

Los extractos resultantes fueron analizados para determinar las concentraciones de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica de llama y equipo VARIAN-55B con un límite de detección (mg kg^{-1}) de 0,03 para Cd, 0,15 para Pb, 0,01 para Cu, 0,01 para Ni y 0,01 para Zn.

Los análisis de carbono orgánico, pH, cationes intercambiables, acidez potencial, cálculo de las bases, capacidad de intercambio catiónico y los análisis granulométricos fueron realizados según Embrapa (1997).

Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados en el programa computacional SAS 9.2 (SAS, 2002) y fueron considerados los valores medios de las repeticiones analíticas de cada tipo de suelo.

Para identificar la estructura de semejanza entre los diferentes suelos estudiados en base a los tenores pseudototales de Cu, Zn, Ni, Cr, Cd y Pb considerando las muestras a las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, fueron aplicados cinco métodos de agrupamiento (Ward, Enlace Simple, Enlace Completa, Enlace Media y Flexible Beta con $\beta = -0,25$) a partir de la distancia euclidiana entre las diferentes muestras de suelos. Como tomada desde un punto de corte del dendrograma fueron considerados los criterios de Milligan & Cooper (1985) y Mojena (1977) que consideran respectivamente un punto de corte de 1,25 y 2,75 veces o desviaciones estándar de las diferencias entre las distancias de enlace.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los métodos de agrupamientos utilizados para caracterizar las semejanzas en las concentraciones de metales pesados en los principales suelos de La provincia La Habana aportan de manera general a la formación de tres grupos de acuerdo con los criterios propuestos por Milligan & Cooper (1985) y Mojena (1977). Se verifica una concordancia entre los métodos en cuanto a los individuos pertenecientes a esos tres grupos (dados non amaestrados).

El método de Enlace Simple demuestran una posible solución más adecuada con la formación de cuatro grupos, lo cual no se corresponde con los criterios propuestos por Milligan & Cooper (1985) y Mojena (1977). Interpretando los individuos pertenecientes a cada uno de los cuatros grupos, considerados como estructura adecuada de clasificación, se observa en el Grupo 2 que las muestras de suelos Pardos sin Carbonatos sustentados sobre serpentinita (muestras 2A y 2B, Figura 1), presentan valores de Ni (1320 y 1198 mg kg⁻¹) y también de Cr (732 y 621 mg kg⁻¹), bien por encima de los demás del Grupo 1, No tanto como las concentraciones de Cu, Zn, Cd e Pb son semejantes a los observados en los demás de este grupo lo que lleva a la conformación de no solo tres grupos y sin cuatro, aun que las concentraciones de Cu, Zn, Cd e Pb son semejantes en los Grupos 1 y 2, una vez que estos valores de Ni y Cr de las muestras del Grupo 2 no son suficientemente elevados para incluirlos en el Grupo 4 (Tabla 2).

En el Grupo 1 fueron incluídos los siguientes tipos de suelos: Pardo con Carbonato (sobre caliza margosa), Fersialítico Pardo Rojizo (sobre caliza dura fragmentada), Ferralítico Rojo Típico Humificado (sobre caliza), Ferralítico Amarillento (sobre caliza dura fragmentada), Gley Ferralítico Amarillento (sobre eluvios de calizas), Húmico Carbonático (sobre caliza margosa), Fluvisol (sobre sedimentos). Este grupo se caracteriza por presentar valores de metales intermedios entre los demás grupos (Tabla 2), y contempla la mayor parte del área geográfica de La Habana (Tabla 1).

A pesar de los tenores medios de metales en este grupo no son los más elevados, los observados son mayores que los valores considerados como normales en otros países, conforme puede verificarse en la Tabla 2 (Kabata-Pendias & Pendias 1984; Cetesb 2005; Fadigas et al., 2006 y Ballesta et al., 2010).

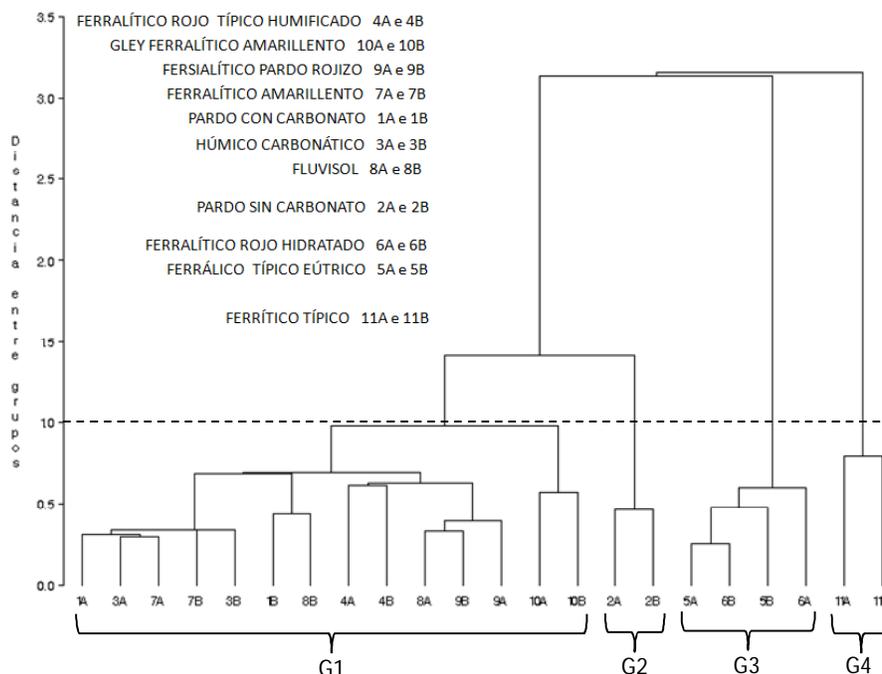


Figura 1 Sugerencia hasta el punto de corte del dendrograma formado por el método de Enlace Simple.

El Grupo 2 están conformado por las muestras de los suelos Pardo sin Carbonato formado sobre serpentinita, que como fue discutido anteriormente, y presenta como diferencia los suelos del Grupo 1, tenores más elevados Ni e Cr.

En el Grupo 3 fueron incluidas las muestras de los suelos Ferrálico Típico eútrico (caliza margosa) y Ferralítico Rojo Hidratado (corteza ferralítica medianamente desaturada). Este grupo presenta como principal característica los tenores más elevados de Cu, Zn, Cd y Pb en relación a los demás suelos. En este grupo, los tenores de Cd e Zn se muestran muy por encima de los valores normales encontrados en condiciones naturales. Valores como éstos fueron reportados en ambientes puntuales como en suelos de Alemania (Utermann et al., 2006) sobre vegetación de bosques, con tenores máximos de Zn variando entre 534 y 3628 mg kg⁻¹ y de Cd entre 15,9 y 3,0 mg kg⁻¹ para suelos formados de sedimentos aluviales y rocas calcáreas respectivamente. De esa forma clara y efectiva las rocas carbonatadas y serpentinitas tienen una contribución a los elevados contenidos de metales pesados en los suelos.

El Grupo 4 lo integran apenas las muestras superficiales y subsuperficiales de los suelos del agrupamiento Ferrítico Típico (sobre serpentinita). Este grupo presenta como principal característica elevados tenores de Cr y Ni.

Generalmente, las rocas ultrabásicas como la serpentinita son materiales que presentan tenores de Cr y Ni muy elevados (Facchinelli et al., 2001), los suelos originados sobre este sustrato tienden a presentar tenores naturalmente más elevados de estos elementos. Facchinelli et al. (2001), aplicando un análisis de componentes principales en datos obtenidos de Italia confirman una alta relación entre los tenores de Cr, Ni y Co con los suelos originados de rocas serpentínicas .

Los suelos Ferríticos son caracterizados por presentar el grado más avanzado de intemperismo dentro de los suelos de Cuba, mostrando los mayores tenores de óxido en la

fracción arcilla (Hernandez et al., 1999). Los óxidos de Fe y Mn en las fracciones de los suelos proporcionan elevada adsorción de metales pesados (Amaral Sobrinho et al., 2009).

Los elevados valores de Ni y Cr observados en el Grupo 4 están muy por encima de los valores comúnmente observados en la literatura internacional en suelos en condiciones naturales. Levantamientos realizados en 13 países de la Unión Europea (Utermann et al, 2006), solamente reportan valores muy elevados en cuatro regiones agrícolas sobre rocas calcáreas de la República de Slovakia, donde encontraron valores máximos de Ni y Cr de 2066 y 6096 mg kg⁻¹, respectivamente. Entretanto, los valores de percentil 90 para áreas agrícolas y sobre rocas calcáreas fueron de 60,7 y 122,1 mg kg⁻¹, en cuanto a las áreas de bosques sobre materiales carbonatados los valores de Ni y Cr fueron de 242 y 665 mg kg⁻¹, respectivamente.

En Cuba, levantamientos anteriores ya indican anormalidades en los tenores de Ni e Cr en algunos suelos como los obtenidos por Baró (2011) que observaron valores incluso más elevados que los que aquí presentados.

Tabla 1 Tenores medios y \pm desviación estándar de metales para los cuatro grupos de suelos formados por el análisis de agrupamiento

Grupos	Ni		Cr		Cu		Zn		Pb		Cd	
	mg kg ⁻¹											
G1	68	± 43	78	± 37	63	± 28	114	± 48	44	$\pm 5,2$	3,1	$\pm 1,1$
G2	676	± 79	1259	± 87	68	$\pm 6,6$	121	$\pm 2,5$	36	$\pm 2,8$	2,0	$\pm 0,1$
G3	292	± 12	290	± 32	138	$\pm 8,5$	462	± 11	67	$\pm 2,2$	10,9	$\pm 0,8$
G4	4663	± 474	2944	± 359	48	$\pm 1,4$	83	$\pm 6,8$	37	$\pm 1,0$	2,2	$\pm 0,2$
Cetesb 2005	13		40		35		60		17		0,5	
Fadigas et al 2006	5-35		19-65		2-119		6-79		3-40		0,3-1,5	
Ballesta et al 2010	42,6		113,4		27,0		86,5		44,2		4,4	
Kabata-Pendias & Pendias 1984	0,2-660		1,4-1384		1-323		3,5-622		1,5-189		0,01-2,53	

CONCLUSIONES

Se demuestra que ocurre una gran variación de los tenores naturales de metales pesados en los diferentes tipos de suelos en la provincia La Habana y muchos de los valores encontrados están por encima de los comúnmente reportados por la literatura internacional especializada.

BIBLIOGRAFÍA

- AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; BARRA, C. M.; LÃ, O. R.. Química dos Metais Pesados no Solo.p. 249-312. 2009. En: MELO, V. F. & ALLEONI, L. R. F.. Química e Mineralogia do Solo. Parte II Aplicações. Viçosa-MG:SBCS, 2009. 2v. 685p.
- BALLESTA, R. J.; BUENO, P. C.; RUBÍ, J. A. M.; GIMÉNEZ, R. G.. Pedo-geochemical baseline content levels and soil quality reference values of trace elements in soils from

- the Mediterranean (Castilla La Mancha, Spain). *Central European Journal of Geosciences* 2(4) 441-454 2010.
- BARÓ E. A. Los metales pesados de ocho perfiles de un vertiuelo gris amarillento de la zona norte del oriente de cuba. Disponible en: <http://www.inica.minaz.cu/trabajos/40ANIVERSARIO/tec/t03.htm>. Acceso en: 30/03/2011.
- CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental, “Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências” – Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf Acesso em: 15 fev, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997, 214p.
- FACCHINELLI A, SACCHI E, MALLÉN L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environ Pollut* 2001; 114:313-24.
- FADIGAS, F.S; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.10, n.3, p.699–705, 2006.
- FEBLES GONZÁLEZ, J. M.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; BALBÍN ARIAS, M. I.; NEIRA SEIJO, X.; PÉREZ LÓPEZ Y. Buenos suelos y suelos “vírgenes” en extinción. IX Congreso de SEAE “Calidad y seguridad alimentaria”. Lleida 6, 7, 8 y 9 de octubre 2010. ISBN 978-84-614-3856-3 Página web: www.agroecologia.net
- FEBLES GONZÁLEZ, J. M., M. A. PACHECO, I. CASTRO, Y L. JEREZ. “Creación de una red de indicadores de sostenibilidad en áreas rurales de La Habana. Primer año de resultados” [inédito], Universidad Agraria de La Habana. 2005.
- GUILHERME, L.R.G., MARQUES, J.J., PIERANGELI, M.A.P., ZULIANE, D.Q., CAMPOS, M.L., MARCHI, G. Elementos traços em solos e sistemas aquáticos. *Tópicos em Ciências do Solo*, 4:345-390, 2005.
- HERNÁNDEZ, A., CABRERA, A., ASCANIO, M., MORALES, M. & RIVERO, L. Claves para la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. 1999.
- ISO 11466 International Standard: Soil quality– Extraction of trace elements soluble in aqua regia, 03–01, 1995.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 1.ed. Boca Raton, CRC Press, 1984. 315p.
- MILLIGAN, G. W. & COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of cluster in a data set. *Psychometrika*, Williamsburg, V. 50, p.159-179, 1985.
- MOJENA, R. hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *Computer Journal*, London, v20, p.359-363. 1977.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS OnlineDoc® 9. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- UTERMANN, J.; DÜWEL, O.; NAGEL, I. Part II Contents of trace elements and organic matter in European soils In: B. M. Gawlik and G. Bidoglio. Background values in European soils and sewage sludges. Results of a JRC-coordinated study on background values. 2006. Disponível em: <http://www.jrc.ec.europa.eu>.