

NIVELES DE CADMIO, PLOMO, COBRE Y ZINC EN HORTALIZAS CULTIVADAS EN UNA ZONA ALTAMENTE URBANIZADA DE LA CIUDAD DE LA HABANA, CUBA

Susana OLIVARES RIEUMONT*, Damarys GARCÍA CÉSPEDES, Lázaro LIMA CAZORLA, Israel SABORIT SÁNCHEZ, Axel LLIZO CASALS y Pedro PÉREZ ÁLVARES

Laboratorio de Análisis Ambiental. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Ave. Salvador Allende y Luaces, Plaza, Ciudad Habana, Cuba

*Autor responsable: susana@instec.cu

(Recibido enero 2012, aceptado julio 2013)

Palabras clave: plomo, cobre, cadmio, zinc, metales, suelos, hortalizas

RESUMEN

En este trabajo se reportan los niveles de Cu, Pb, Cd y Zn en suelos y hortalizas cultivadas de una zona altamente urbanizada de la ciudad de La Habana. Se estudiaron 17 fincas dedicadas a la agricultura urbana en un área de dos kilómetros alrededor del vertedero de "Calle 100" durante los años 2006 y 2007. Se tomaron muestras de suelo y de todas las hortalizas listas para cosechar. Los niveles de los metales pesados en los suelos de cultivo variaron en los siguientes rangos: Cd (0.24-2.1 mg/kg), Cu (38.4-81.3 mg/kg), Pb (18.1-138.5 mg/kg) y Zn (44.1-294.7 mg/kg). Para Zn y Pb, los suelos de algunas fincas (un 35 y 52 % respectivamente) superaron los rangos en que estos metales se encuentran en los suelos agrícolas cubanos. Para el Pb, el 23 % de los suelos superaron los niveles considerados como fitotóxicos y límites en algunas normas internacionales. El 12.5 % de las muestras de hortalizas colectadas sobrepasaron los límites máximos permisibles de este contaminante en los alimentos destinados al consumo humano establecidos por la norma cubana. Los resultados indican la necesidad de tener una estricta vigilancia de los cultivos hortícolas de la zona.

Key words: lead, copper, cadmium, zinc, metals, soils, vegetables

ABSTRACT

In this paper we report levels of Cu, Pb, Cd and Zn in soils and vegetables grown in a highly urbanized area of La Havana city. We studied 17 farms dedicated to urban agriculture in an area of two kilometers around the landfill "Calle 100" during 2006 and 2007. For the study, samples of the soil and all the vegetables ready to harvest were taken from the farms. The levels of heavy metals in agricultural soils varied in the following ranges: Cd (0.24-2.1 mg/kg), Cu (38.4-81.3 mg/kg), Pb (18.1-138.5 mg/kg) and Zn (44.1-294.7 mg/kg). For Zn and Pb, some farm soils (35 and 52 % respectively) exceeded the ranges in which these metals are found in Cuban agricultural soils. For Pb, 23 % of the soils exceeded levels considered phytotoxic and limits in some international standards. The 12.5 % of the samples of vegetables collected exceeded the

maximum permissible levels of this pollutant in food for human consumption set by Cuban and international standards. The results indicate the need for strict crop monitoring in the area.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, el 75 % de la población vive en ciudades y se considera que esta cifra aumentará hasta el 83 % en el año 2030. Conforme crecen las ciudades, aumenta la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria de la población urbana con alimentos de calidad apropiada. Este es el objetivo estratégico fundamental de los proyectos de agricultura urbana (FAO 1996, 1999, 2002).

La agricultura urbana (AU) tiene numerosas ventajas cuando se practica de modo apropiado y en condiciones seguras. Sin embargo, esta solución lleva en sí riesgos para la salud humana y el ambiente que no se observan comúnmente cuando se utilizan suelos agrícolas tradicionales. Uno de los riesgos para la salud atribuido a la AU es el paso de sustancias tóxicas, como por ejemplo metales pesados, a los alimentos cultivados en zonas urbanas, por la absorción de los mismos de suelos, aire o agua contaminados (De Zeeuw 2000).

La Habana no está ajena a la problemática de muchas ciudades del mundo en desarrollo. En esta ciudad ha existido un crecimiento demográfico sostenido con un incremento de 219 132 habitantes en los últimos 28 años (ONE 2008). Esta es una de las razones por las que se ha desarrollado en esta ciudad un fuerte movimiento de AU, que convoca a utilizar todos los espacios ociosos para la producción de alimentos (Cruz y Sánchez 2001).

Un área importante dedicada a AU es la cuenca del Río Almendares. En esta cuenca se realiza una intensa actividad industrial y urbana que tiene una influencia negativa sobre el ambiente de la zona. Sólo dentro de La Habana están identificadas más de 70 fuentes contaminantes del Río Almendares, muchas de ellas, industrias que vierten sus residuales al río sin previo tratamiento (CTACAV 1999, 2003, 2005). Este problema tiene uno de sus mayores impactos en las cercanías del vertedero de “Calle 100” ubicado en la parte baja de la cuenca (Lima *et al.* 2005, Olivares-Rieumont *et al.* 2005, 2007). Este es el vertedero provincial de la capital para residuos sólidos urbanos, con una extensión de 104 ha, en él se vierten diariamente 8000 m³ de residuos (Goicochea *et al.* 2003). La explotación del vertedero ha llevado a la emisión de gases, lixiviados y cenizas

sobre las aguas, suelos y cultivos de la zona (JICA 2005, Espinosa *et al.* 2010). En esta área coexisten además otras fuentes que incorporan metales pesados como son las avenidas de alto tráfico vehicular y algunas industrias. En las cercanías del vertedero existen varias fincas dedicadas a la actividad agrícola urbana, pero se desconocen los niveles de metales tóxicos en los suelos que se utilizan para producir las hortalizas, así como, la inocuidad de estas últimas. De esta forma, el objetivo de esta investigación fue determinar los niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en suelos y hortalizas cultivadas en las cercanías del vertedero de “Calle 100”, con vistas a proponer a las autoridades sanitarias y agrícolas medidas para garantizar la inocuidad de los productos hortícolas cultivados en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio incluyó las fincas que se encuentran ubicadas dentro de un área de circunferencia de aproximadamente 2 km de radio, a partir del perímetro del vertedero de “Calle 100” en ciudad de la Habana (**Fig. 1**). Las fincas donde se realizó el muestreo se dedican a la producción de hortalizas y vegetales y se seleccionaron mediante el procedimiento de asignación aleatoria.

Muestreo de suelos y hortalizas

El muestreo se realizó entre los meses de enero a marzo de 2007, en la etapa en que se encuentra en el máximo la producción de hortalizas en la zona.

Las muestras de suelo superficial se tomaron a una profundidad de 0-10 cm usando un dispositivo tipo “core” de polipropileno. Dentro del campo de cultivo se tomaron 10 muestras de forma aleatoria (170 muestras en total). Las muestras se envasaron en bolsas plásticas y se llevaron al laboratorio.

En cada finca se colectaron muestras de todas las hortalizas que estaban listas para ser cosechadas en el momento del muestreo. Cada muestra se colocó en una bolsa plástica previamente numerada. No en todas las fincas se colectaron el mismo número de especies hortícolas, ya que en algunas, las hortalizas no se encontraban listas para cosechar y existían di-

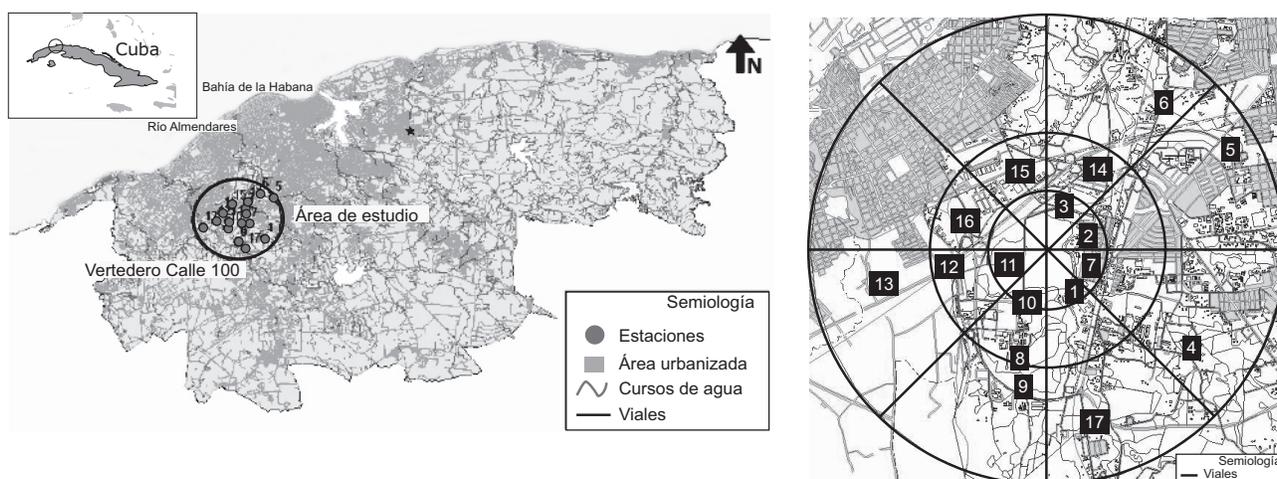


Fig. 1. Macrolocalización del área de estudio en C. de La Habana (a) y Estaciones de muestreo (b)

ferencias en cuanto a la variabilidad de especies sembradas en cada una de las estaciones. Para verificar que no existía contaminación por las bolsas plásticas empleadas, el sitio de muestreo y el transporte al laboratorio, se realizaron cinco blancos de campo y cinco blancos de transporte en cada muestreo.

Preparación y análisis de las muestras

Las muestras de suelo se secaron a 60 °C y se homogeneizaron. De cada una de las muestras colectadas por estación se tomó una alícuota y se elaboraron muestras compuestas. Estas se homogeneizaron nuevamente según el método de cuarteo y se tamizaron a 63 µm.

Los metales pesados Cu, Zn Pb y Cd se analizaron por espectrometría de absorción atómica con llama aire - acetileno (EAA) en un equipo Buck Scientific 210 VGP, previa digestión con agua regia según norma internacional (ISO 11466 1995). En un tubo tipo Kjeldahl se colocó 1 g de suelo y se le añadió 10 mL de agua regia (HCl:HNO₃, 3:1). El tubo de digestión se dejó reposar por 16 horas a temperatura ambiente con el condensador colocado para evitar la pérdida de los analitos. Pasado este tiempo, se colocó el tubo en el sistema de calentamiento donde se mantuvo durante 2 horas a 150 °C. La solución resultante se enfrió y se filtró, se trasvasó a un volumétrico de 25 mL, se aforó con una solución de HNO₃ al 5 % v/v y se conservó en un frasco de cristal de color ámbar hasta la determinación del contenido.

Las partes comestibles de las hortalizas se lavaron cuidadosamente con agua potable, siguiendo el mismo procedimiento que se utiliza para su consumo. Aproximadamente 200 g de muestra fresca se homogeneizaron en un molino triturador Grindomix GM 200 con vaso de plástico, concebido especialmente

para el análisis de alimentos. De aquí se tomaron 30 g, se secaron a 105 °C y posteriormente se calcinaron a 450 °C durante 16 horas. Luego de varios ataques con agua y HNO₃ en la plancha de calentamiento, las cenizas blancas se disolvieron con HCl y se trasvasó el digerido a un volumétrico de 25 mL. Los niveles de los metales se determinaron por EAA.

Para la evaluación de la calidad analítica de los resultados se utilizaron los materiales de referencia certificados (MRC) IAEA 336 e IAEA/V-10 (*Heno*) en el análisis de las hortalizas. Para los suelos, se utilizó la muestra de MAT-SD-0105 (Pueyo y Sahuquillo 2005). Todos los análisis se realizaron por triplicado. Por otra parte, en todos los procedimientos se emplearon blancos, para verificar la ausencia de contaminación de las muestras durante el procedimiento analítico. Todos los reactivos empleados fueron de calidad analítica adecuada para este tipo de estudio. En los cuadros I y II se muestran los parámetros de calidad analítica de los métodos empleados.

Todos los blancos analizados, presentaron niveles de los analitos de interés por debajo de los límites de detección de los métodos, lo que indica ausencia de contaminación de las muestras durante las etapas de muestreo, almacenamiento, transporte al laboratorio y preparación de las muestras. Los resultados demuestran que los procedimientos empleados para la determinación de los metales en las matrices de interés brindan resultados veraces y precisos, y por tanto, los mismos pueden emplearse para la determinación de dichos metales en muestras colectadas.

Otras variables muestreadas

Los niveles de Ca, Fe y Mn en el suelo se analizaron por fluorescencia de rayos X con excitación

CUADRO I. PARÁMETROS DE CALIDAD ANALÍTICA DE LOS METALES PESADOS ESTUDIADOS

Metal	Límite de detección		Límite de cuantificación		Precisión** (%)	
	Suelo (mg/kg)	Hortalizas (mg/kg)*	Suelo (mg/kg)	Hortalizas (mg/kg)*	Suelo	Hortalizas
Cu	0.5	0.008	2.5	0.09	1.7	1.9
Pb	3.5	0.033	6.0	0.08	2.7	4.6
Zn	0.25	0.013	0.5	0.04	10	4.8
Cd	0.2	0.01	0.5	0.025	5.5	6.9

*peso fresco **como desviación estándar relativa

radioisotópica en configuración central. Se utilizó para la excitación de las muestras una fuente anular de Pu-238 de 30 mCi. La calibración del espectrómetro se realizó aplicando la corrección de efectos de matriz a través del pico de dispersión incoherente. El tiempo de medición fue de 6 horas.

Se determinó el contenido de materia orgánica del suelo utilizando el procedimiento de pérdidas por ignición a 550 °C (Bighman y Bartels 1996). El pH del suelo se determinó a partir de 2.0 g de suelo en un vaso de precipitado, al que se le añadieron 10 mL de agua desionizada y se mezclaron con un agitador durante 5 min. Se dejó reposar durante 40 min y se midió el pH del sobrenadante (ISO 10390 2005).

Para la comparación de datos se utilizó el análisis de varianza de entrada simple con niveles de confianza del 95 %. En el análisis de grupo ("cluster") se utilizó el método de Ward de distancias euclidianas. Para evaluar las correlaciones entre las variables estudiadas se utilizó el método de componentes principales (Miller y Miller 2001).

Se realizó el estudio de campo por medio de visitas de reconocimiento a las estaciones de muestreo y con el apoyo de la observación visual, el análisis de material fotográfico y encuestas a los productores hortícolas. Utilizando ese material y las referencias bibliográficas sobre las diversas fuentes que incorporan metales pesados al agroecosistema (Kabata-Pendias y Pendias 1991), es posible hacer una agrupación de las estaciones de muestreo, respecto a las fuentes más importantes que inciden en su contaminación.

Grupo 1: Estaciones ubicadas en el área de inundación del río Almendares (1, 2, 3, 5, 14 y 17).

Grupo 2: Estaciones ubicadas en la zona de influencia del vertedero de "Calle 100", según la dirección predominante de los vientos (10, 11, 12, 15 y 16).

Grupo 3: Estaciones que aplican prácticas agrícolas inadecuadas, como el uso de lodos de depuradoras

y aguas residuales (8, 9 y 4).

Grupo 4: Estaciones ubicadas cerca (menos de 100 m) de avenidas de alto tráfico vehicular (6 y 7).

Grupo 5: Estaciones donde no está identificada ninguna fuente de contaminación que aporte metales pesados (13).

Para la evaluación de la inocuidad de los vegetales colectados se realizó una comparación con los niveles límites establecidos en la Norma cubana sobre contaminantes metálicos en alimentos (NC 493 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los suelos

La movilidad de los metales pesados en el suelo y por tanto, la absorción por las plantas, está relacionada con diversos mecanismos de asociación de los metales con la fase sólida. En esta asociación influyen diferentes factores como son: pH del suelo, contenido de materia orgánica, potencial redox, contenido de carbonato de calcio y niveles de hierro y manganeso. De aquí la necesidad de estudiar su macrocomposición y algunas de sus propiedades para entender el paso de los metales del suelo a las plantas (Luthy 2003).

El área de estudio se encuentra localizada en una zona donde predominan las formaciones geológicas carbonatadas y carbonato-terrágenas, representadas por calizas arrecifales para las rocas más jóvenes y calizas organógenas, cársicas para las más antiguas; las litologías con matriz arcillosa las representan margas compactas, estratificadas en intercalaciones con calizas (CTACAV 1999).

Los suelos de la región son en su mayoría pardos con carbonato (Pardo Sialítico) y ferralíticos rojos (CTACAV 1999). En sentido general, los primeros se caracterizan por ser suelos carbonatados, o saturados por bases alcalinotérricas. El contenido de materia orgánica por lo general es medio (2.0-4.0 %). El pH en condiciones naturales es generalmente neutro a

CUADRO II. VALORES REPORTADOS EN LOS MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS (MRC) (mg/kg)

	Cu		Pb		Zn		Cd	
	Valor MRC	Valor hallado	Valor MRC	Valor hallado	Valor MRC	Valor hallado	Valor MRC	Valor hallado
MAT-SD-0105 IAEA / V-10	380 - 409	380 - 382	2154 - 2330	2013 - 2156	1828 - 2052	1929 - 1952	4.86 - 6.96	5.51 - 5.67
Heno IAEA 336	8.8 - 9.7* 3.09 - 4.01*	8.8 ± 0.8 3.15 ± 0.22	0.8 - 5.5** 4.4 -	1.7 ± 0.2 4.6 ± 0.45	21 - 27* 28.1 - 35.1*	22.0 ± 1.6 30.0 ± 2.5	- 0.100 - 0.134*	- 0.102 ± 0.018

* peso seco **valor informativo

ligeramente alcalino, lo que está en concordancia con estudios que reportan que en La Habana ha ocurrido un proceso de alcalinización de los suelos debido al

incremento de carbonato de calcio, producto de procesos erosivos, procesos naturales y mala gestión del suelo, como por ejemplo el riego durante décadas con aguas bicarbonatadas cársicas (Salgado *et al.* 2004).

En el **cuadro III** se muestran algunas características de los suelos estudiados. Partiendo de la composición de la roca madre, era de esperar altos niveles de calcio en los suelos, sin embargo, en algunas fincas son particularmente altos, llegando en algunas estaciones hasta un 14 %. Esto es debido a que los suelos de la zona estudiada, además de haber sufrido procesos de erosión y calcificación como otros suelos de la cuenca, han sido modificados para ser utilizados en la AU. Altos coeficientes de variación se encontraron para el Ca, la materia orgánica (MO) y el Mn (entre un 41 y un 92 %) posiblemente debido al uso anterior del suelo y su manipulación para la práctica productiva. Los suelos analizados tienen altos contenidos de materia orgánica y pH alcalinos lo que hace que disminuya la movilidad de los microelementos a partir del suelo (Luthy 2003).

CUADRO III. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Coef. variación (%)
pH	17	6.0	7.6	7
Materia orgánica (%)	17	1.2	5.7	41
Ca (%)	17	0.8	14.4	92
Fe (%)	17	2.6	5.6	18
Mn (%)	17	0.065	0.29	54

Los niveles de hierro encontrados en los suelos están dentro del rango de lo normal (0.5-5 %). para los suelos superficiales (Kabata-Pendias y Pendias 1991).

Por otra parte, los niveles de manganeso encontrados (**Fig. 2**) son superiores a los valores medios encontrados comúnmente en suelos (600 mg/kg), y en algunas estaciones las concentraciones son similares a aquellas que se consideran fitotóxicas (3000 mg/kg) (Bighman y Bartels 1996). El manganeso no es reconocido como un metal que contamina los suelos, sino como un micronutriente, pero se acumula en el suelo superficial y puede causar efectos tóxicos en algunas plantas.

Las estaciones con los niveles más altos de Mn (estaciones 15 y 16) fueron suelos modificados o que se encuentran cerca de terrenos industriales. Por ejemplo, en la estación 16, la finca limita con la industria de equipos médicos, y detrás de la misma existió una planta de galvanizado y aún allí quedan las piscinas donde se realizaba la galvanización.

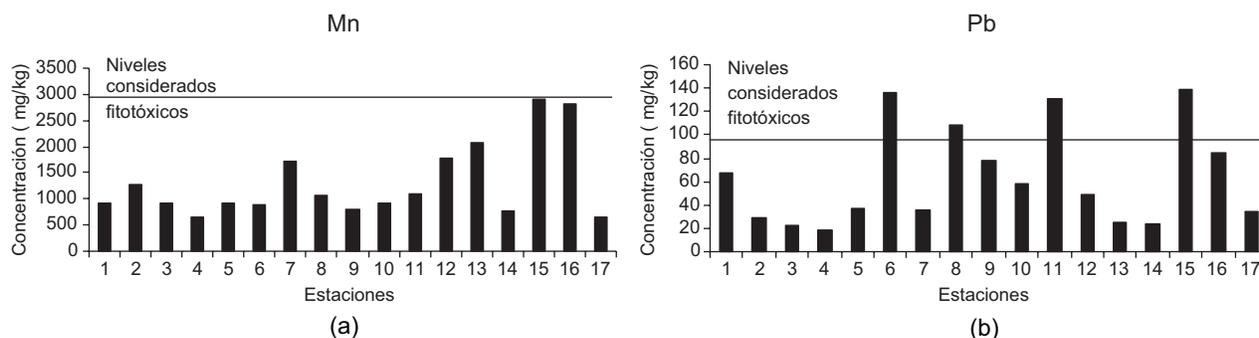


Fig. 2. Niveles (en mg/kg) de manganeso(a) y plomo (b) en los suelos. Niveles considerados fitotóxicos según Kabata-Pendias y Pendias (1991)

Los metales pesados en los suelos aumentaron en la siguiente serie $Cd < Cu < Pb < Zn$ (**cuadro IV**). Llamamos la atención los altos coeficientes de variación que se encontraron para algunos elementos (Cd, Zn y Pb), lo que indica que la distribución de los mismos en la zona no es homogénea, posiblemente debido a que existen diversas fuentes de contaminación de los suelos con estos metales. Los niveles de cobre fueron comparativamente uniformes en la zona de estudio, mostrando un coeficiente de variación más bajo que el resto de los elementos (Kabata-Pendias y Pendias 1991).

En el **cuadro V** se muestra la correlación existente entre los distintos elementos. Marcadas en gris, las correlaciones que resultaron estadísticamente significativas para ($p < 0.05$). Se encontró que los elementos Cu, Zn y Pb están significativamente correlacionados, lo que pudiera indicar fuentes comunes de contaminación en los suelos para estos elementos. Para el Cd no se encontraron correlaciones significativas, lo que sugiere que la fuente de este elemento en los suelos pudiera ser de distinto origen que para el resto de los metales.

El análisis de componentes principales, permitió identificar en cuales estaciones el origen de los metales pesados es similar y, de esta forma, conocer las fuentes a través de las cuales se incorporan los

metales a los suelos. Se obtiene que los datos se agrupan en dos factores que explican el 89 % de las varianzas (**Fig. 3**)

Se puede observar que existe un grupo de estaciones (8, 11, 15) donde los niveles de Cu, Zn y Pb (factor 1) son similares y altos. En las estaciones 1 y 6, además de encontrarse estos tres elementos en niveles altos, también se hallaron niveles altos de Cd, lo que pudiera significar que las fuentes de los metales en estas estaciones tienen un origen diferente.

Debido a que en la zona existen diversas vías posibles de contaminación de los suelos, es difícil explicar los resultados obtenidos atribuyéndole la causa a una fuente específica. Sin embargo, las agrupaciones que se muestran en la **figura 3** sugieren que las fuentes principales que están influyendo en la contaminación de los suelos de la zona son: las deposiciones procedentes del vertedero de "Calle 100" (G2), las avenidas con alto tráfico vehicular (G4) y la inundación de los suelos con aguas contaminadas (G1).

Los mayores problemas los representa el plomo. El nivel medio de plomo que se encontró en los suelos (63.3 mg/kg) es superior al nivel los valores comúnmente aceptados para la producción saludable de alimentos (20 mg/kg) (Kabata-Pendias y Pendias 1991). En el 23 % de las fincas los valores superan

CUADRO IV. NIVELES DE METALES EN LOS SUELOS (N=17)

Metal	Mínimo (mg/kg)	Máximo (mg/kg)	Coefficiente de variación (%)	Niveles aceptables para la producción de alimentos sanos* (mg/kg)	Niveles considerados fitotóxicos* (mg/kg)	Niveles medios en los suelos agrícolas cubanos** (mg/kg)
Cd	0.24	2.1	60	0.53	3.0	0.25
Cu	38.4	81.3	22	23.0	100.0	28.6
Zn	44.1	294.7	56	110.0	300.0	38.0
Pb	18.1	138.5	66	20.0	100.0	8.2

* Kabata-Pendias y Pendias 1991, ** Muñiz 2008

CUADRO V. ANALISIS DE CORRELACIÓN LINEAL (PEARSON) (N=17)

	Cd	Cu	Zn
Cd	-	-	-
Cu	-0.10	-	-
Zn	0.44	0.78*	-
Pb	0.12	0.56*	0.59*

* correlaciones significativas para $p < 0.05$

incluso los niveles considerados como fitotóxicos (100 mg/kg) (**Fig. 2**). En el 52 % de las muestras los niveles fueron superiores a aquellos en que se encuentra el Pb en suelos agrícolas cubanos (rango: 0-42.4 mg/kg) (Muñiz 2008).

Está reportado que entre las fuentes de plomo más comunes están las emisiones industriales (principalmente debidas a fundiciones y fábricas de pinturas y al uso de compuestos plomados en la gasolina). Por otra parte, también puede introducirse como parte de los fertilizantes fosfóricos, el compost, los lodos residuales de depuradora y por la aplicación de pesticidas (Muñiz 2008). Todas estas fuentes de plomo coexisten en el área de estudio. Sin embargo, las estaciones con niveles fitotóxicos de plomo son aquellas que se encuentran en el área de influencia del vertedero (11 y 15), la que

se encuentra colindante con una avenida de mucho tráfico (6) y en donde se usaron los lodos residuales de depuradora (8).

A pesar de que el plomo es un elemento muy tóxico, su movilidad en el suelo es muy baja, menor incluso, en los suelos con altos valores de pH como los de la zona de estudio. En los suelos, este elemento puede precipitar como hidróxido, fosfato o carbonato, que son compuestos altamente estables y poco propicios de pasar a las plantas. También es posible la formación de complejos orgánicos muy estables que disminuyen la solubilidad del metal.

Debido a su poca movilidad, el plomo en los suelos se acumula a través de los años. Se considera que el periodo en que el Pb acumulado en el suelo puede disminuir en un 50 %, es de 740 a 5900 años, en dependencia del tipo de suelo, la materia orgánica presente y el manejo del agua en el mismo (Kabata-Pendias y Pendias 1991). Por eso, los suelos urbanos pueden llegar a alcanzar altos niveles de plomo, lo que afecta profundamente su actividad biológica y causa una disminución de su productividad.

Análisis de metales pesados en hortalizas

En el **cuadro VI** se muestran los rangos en los que variaron los niveles de los cuatro elementos estudiados en todas las hortalizas analizadas (en peso fresco)

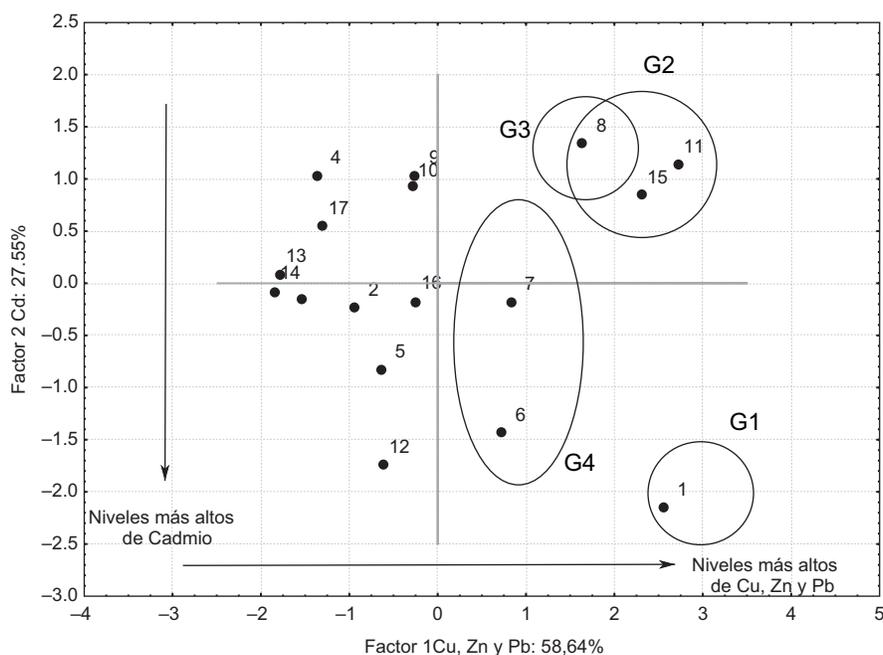


Fig. 3. Proyección en un plano de los factores obtenidos en el análisis de componentes principales. **G 1:** Estaciones ubicadas en el área de inundación del Río Almendares. **G2:** Estaciones ubicadas en la zona de influencia del Vertedero de "Calle 100" **G 3:** Estaciones que aplican prácticas agrícolas inadecuadas, **G4:** Estaciones ubicadas cerca (menos de 100 m) de avenidas de alto tráfico vehicular

CUADRO VI. CUMPLIMIENTO DE LA NORMA CUBANA SOBRE CONTAMINANTES METÁLICOS EN ALIMENTOS

	Concentración (mg/kg) peso fresco (n=73)			
	Cu	Pb	Zn	Cd
Niveles encontrados en las hortalizas.	(0.06-4.71)	(<0.08-0.28)	(0.3-20.7)	(<0.025-0.100)
Niveles máximos permitidos.	5	0.1	10	0.1
Número de muestras que excedieron los valores límite.	0	8 (12.5 %)	3 (4 %)	1 (1.3 %)

y se comparan con los niveles límites establecidos en la Norma Cubana (NC 493 2006).

Como puede observarse, en 8 muestras de las 73 analizadas se sobrepasan los niveles límites para plomo de la Norma Cubana, en tres muestras para Zn y en una para Cd, lo que representa un 16 % del total de muestras analizadas.

La poca movilidad del plomo es posiblemente la razón de que no se encontraran gran cantidad de muestras de hortalizas contaminadas con este metal, a pesar de los altos niveles encontrados en los suelos. Por otra parte, se conoce que el plomo en las plantas proviene de la absorción de los suelos o de la deposición atmosférica. Cuando la vía de contaminación es a través de la absorción del plomo de los suelos, la mayor acumulación ocurre en las raíces de las plantas, ya que la traslocación a otros órganos de la planta es limitada. Algunos autores señalan que es inferior al 3 % de la acumulada en la raíz (Kabata-Pendias y Pendias 1991).

Una de las vías de contaminación de las hojas y frutos con plomo es la deposición de este metal procedente del polvo atmosférico y de los suelos contaminados. El plomo es absorbido por las células de las hojas y aunque parte del mismo puede eliminarse por el lavado, una fracción importante pasa al tejido de la planta. Es entonces significativo que las partes de las hortalizas contaminadas con plomo fueron las hojas y los frutos, lo que sugiere esta vía como fuente de contaminación.

En seis estaciones se encontraron niveles de plomo en hortalizas superiores a los que establece como límites la Norma Cubana NC 493 (NC 493 2006), siendo en la estación 6 donde se encontró el mayor número de hortalizas contaminadas con este metal, ya que de las 11 muestras analizadas correspondientes a esta estación, tres resultaron contaminadas con plomo para un 27 %. Esta estación se encuentra ubicada en un área de intenso tráfico urbano.

Se ha demostrado que existe una dependencia de los niveles de metales pesados en los suelos y plantas cultivadas, en zonas cercanas a avenidas y la

densidad del tráfico vehicular. Los metales pesados se emiten en estas áreas como resultado de la quema de los aditivos del petróleo, los aceites quemados y los productos de la combustión. Por eso, es común encontrar los máximos niveles de metales en los suelos adyacentes a las avenidas. Esta, al parecer, es una importante fuente de contaminación de las hortalizas cultivadas en la zona.

Aunque el objetivo del presente estudio estuvo enmarcado en realizar un diagnóstico sobre los niveles de Cu, Pb, Zn y Cd en los suelos y hortalizas en las cercanías del vertedero de "Calle 100", los resultados del mismo sugieren la necesidad de tomar medidas para garantizar la inocuidad de las producciones hortícolas en la zona. Entre las medidas sugeridas se encuentran: modificar las variedades de especies hortícolas sembradas en virtud de sus propiedades de acumulación de contaminantes, sustituir los cultivos hortícolas en la porción de la franja hidrorreguladora inmediata al cauce del río Almendares, desarrollar el cultivo de especies forestales para el establecimiento de cercas perimetrales. En estas fincas se pudieran desarrollar otros subprogramas de agricultura urbana y realizar de forma periódica el monitoreo de los niveles de plomo en las hortalizas cultivadas en zona.

CONCLUSIONES

Los niveles de Cu, Pb, Zn y Cd en los suelos de cultivo en las cercanías del vertedero de "Calle 100" variaron en los siguientes rangos: Cd (0.24-2.1 mg/kg), Cu (38.4-81.3 mg/kg), Pb (18.1-138.5 mg/kg) y Zn (44.1-294.7 mg/kg). Los mayores problemas se encontraron para el plomo, ya que el 23 % de los suelos superan los niveles considerados como fitotóxicos y los límites en algunas normas internacionales. Las fincas donde se encontraron las muestras con niveles superiores fueron las ubicadas en el área de inundación del Río Almendares; en la zona de influencia del vertedero de "Calle 100" y las ubicadas cerca de avenidas de alto tráfico vehicular, siendo en

esta estación donde se encontró el mayor número de hortalizas contaminadas, ya que de las 11 hortalizas analizadas, tres resultaron contaminadas con Pb, para un 27 %; dos con Zn (18 %) y una con Cd (9 %). Doce de las 73 muestras de hortalizas analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles de contaminantes metálicos en los alimentos destinados al consumo humano establecidos por la norma cubana NC 493 del 2006, lo que representa un 16 % del total de muestras analizadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencias Tecnologías y Medio Ambiente de Cuba y al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC-CRDI) el apoyo financiero para la realización de esta investigación. Asimismo, agradecen a la Comunidad de Práctica Sobre el Enfoque Ecosistémico en Salud Humana para América Latina y el Caribe (CoPEH-LAC) y al Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) de México, su apoyo metodológico y de información.

REFERENCIAS

- Bighman J. y Bartels J. (1996). Organic matter Characterization. En: *Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods* (D. Sparks, Ed.), Soil Science Society of America, Book Series 5, Madison, WI, pp. 1011-1071.
- Cruz M.C. y Sánchez R. (2001) *Agricultura y ciudad: una clave para la sustentabilidad*. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, C. Habana, 237 pp.
- CTACAV (1999). *Reporte Técnico*. Comité Técnico Asesor de la Cuenca Almendares-Vento. Instituto de Recursos Hidráulicos, C. Habana, Cuba, 45 pp.
- CTACAV (2003). *Reporte Técnico*. Comité Técnico Asesor de la Cuenca Almendares-Vento. Instituto de Recursos Hidráulicos, C. Habana, Cuba, 23 pp.
- CTACAV (2005). *Reporte Técnico*. Comité Técnico Asesor de la Cuenca Almendares-Vento. Instituto de Recursos Hidráulicos, C. Habana, Cuba, 27 pp.
- De Zeeuw H. (2000). *Urban and periurban agriculture*. Health and Environment. Discussion paper for FAO-ETC/RUAF electronic conference "Urban and Periurban Agriculture on the Policy Agenda", FAO, Roma.
- Espinosa M., López M., Pellón A., Robert M., Díaz S., González A., Rodríguez N. y Fernández A. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de Ciudad de la Habana, Rev. Int. Contam. Ambie. 26, 313-325.
- FAO (1996). *Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre Alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- FAO (1999). *La agricultura urbana y periurbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Comité de Agricultura, Roma.
- FAO (2002) *Seguridad alimentaria urbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Agricultura, Roma.
- Goicochea O.C., Herrera J.N. y García L. (2003). Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos para la cuenca Almendares-Vento. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental 4, 163-172.
- ISO 10390 (2005). *Determination of pH*. International Organization for Standardization, Soil Quality, 6 pp.
- ISO 11466 (1995). Extraction of Trace Elements Soluble in Aqua Regia. International. Organization for Standardization, Soil Quality, 8 pp.
- JICA (2005). Study on integrated management plan of municipal solid waste in Havana City. Final Report, vol. II, Japan International Cooperation Agency. Prepared by Nippon Koei Co. Ltd. Pacific Consultants International, 189 pp.
- Kabata-Pendias A. y Pendias H. (1991). *Trace elements in soil and plants*. Boca Raton Arbor, London, 365 pp.
- Lima Cazorla L., Olivares-Rieumont S., Columbie I., de La Rosa D. y Gil R. (2005). Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el Río Almendares, Ciudad Habana, Cuba. Rev. Int. Contam. Ambie. 21, 115-124.
- Luthy R. (2003) *Bioavailability of contaminants in soils and sediments. Processes, tools and applications*. The National Academies Press, Washington D.C. 419 pp.
- Miller N.J. y Miller J.C. (2001). *Statistic and chemometrics for analytical chemistry*. 4a ed. Prentice Hall, Nueva York. 274 pp.
- Muñiz O. (2008). *Los microelementos en la agricultura*. Agrinfor, C. Habana. 132 pp.
- NC 493 (2006). Norma Cubana: Contaminantes Metálicos en Alimentos-Regulaciones Sanitarias. Oficina Nacional de Normalización, Habana. 11 pp.
- Olivares-Rieumont S., Lima L., de la Rosa D., Graham D.W., Columbie I., Santana J.L. y Sánchez M.J. (2007) Water hyacinths (*Eichhornia crassipes*) as indicators of heavy metal impact of a large landfill on the Almendares River near Havana, Cuba. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 79, 583-587.
- Olivares-Rieumont S., de la Rosa D., Lima L., Graham D.W., D'Alessandro K., Borroto J., Martínez F. y Sánchez J. (2005), Assessment of heavy metal levels

- in Almendares River Sediments-Havana City, Cuba. *Water Res.* 39, 3945-3953.
- ONE (2008). Indicadores demográficos. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. www.one.cu
- Pueyo M. y Sahuquillo L. (2005). A new quality control material for monitoring trace metals in accidentally polluted areas. *Anal. Chim. Acta* 533, 41-49.
- Salgado E., Dueñas M., García A., Guerra M., Gutiérrez B., Olivera J., Villariño J., Pacheco E., Alcaide J. y Fleita R. (2004). Diagnóstico ambiental e interpretación paleoambiental de los suelos de las provincias habaneras, Cuba. *Ciencias de la tierra y el espacio*, 5, IGA, C. Habana.