

RIESGO POR METALES PESADOS EN HORTICULTURA URBANA

LIDIA GIUFFRÉ¹; SILVIA RATTO¹; LILIANA MARBÁN²; JANINE SCHONWALD³
y ROMINA ROMANIUK¹

¹Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Av San Martín 4453. 1417 Buenos Aires. giuffre@agro.uba.ar

²INGEIS (CONICET); ³Programa Prohuerta (INTA)

Recibido: 12/12/04

Aceptado: 04/07/05

RESUMEN

La agricultura urbana y periurbana puede implicar riesgos para la salud humana si no es adecuadamente manejada. El objetivo de esta contribución fue presentar un relevamiento de metales pesados en suelos hortícolas de Buenos Aires. La información se comparó con estándares de calidad nacionales e internacionales, y se calcularon factores de enriquecimiento con referencia a estándares holandeses. Con respecto a la corteza terrestre, el Cd, Pb, Cu y Zn se incrementaron. Los factores medios y máximos de enriquecimiento fueron mayores para Cu, Pb, Cd y Zn. Los suelos hortícolas urbanos y periurbanos deben ser cuidadosamente monitoreados considerando el riesgo de entrada de metales en la cadena alimentaria.

Palabras clave. Metales pesados, horticultura, agricultura urbana y periurbana.

HEAVY METALS RISK IN URBAN AGRICULTURE

ABSTRACT

Urban and periurban agriculture may imply risks for human health if it is not appropriately conducted. The objective of this contribution was to present a survey of heavy metal content in horticultural soils of Buenos Aires. The information is compared to national and international quality standards, and enrichment factors for heavy metals were calculated with reference to Dutch values. With reference to earth crust, Cd, Pb, Cu and Zn were increased. Mean and maximum enrichment factors were higher for Cu, Pb, Cd and Zn. Horticultural urban and periurban soils must be carefully monitored considering risk of metal input in food chain.

Key words. Heavy metals, horticulture, urban and periurban soils.

INTRODUCCIÓN

Debido al tamaño creciente de las poblaciones urbanas, la horticultura en suelos urbanos y periurbanos aparece como una alternativa para proveer alimentos y como medio de empleo de los emigrantes de áreas agrícolas (Schnitzler *et al.*, 1999). La agricultura urbana existe desde siempre en países en desarrollo, y en América Latina es en la actualidad una estrategia de supervivencia que favorece la esperanza de un futuro mejor (Madaleno, 2001).

Tal como sucede con la agricultura rural, la agricultura urbana y peri-urbana (AUP) implica riesgos para la salud de la población si no es manejada apropiadamente (Giuffré *et al.*, 2003). Existen riesgos de enfermedades

asociadas con la reutilización de desechos urbanos y aguas residuales, otras de transmisión vectorial, las asociadas con la utilización de agroquímicos y, por último, las asociadas a la contaminación de suelo y agua con metales pesados (Lock y De Zeeuw, 2000).

Además, la relación entre agricultura urbana y seguridad alimenticia es un concepto fundamental a tener en cuenta en la gestión municipal, ya que involucra aspectos económicos, sociales y ambientales (Cabannes y Dubbeling, 2001).

Los suelos urbanos presentan características peculiares, como la presencia de capas de distinto origen, pobre estructura y, en algunos casos, alta concentración de metales pesados (Kabata Pendias y Pendias,

1992). En los horizontes superficiales de los suelos urbanos, el enriquecimiento en metales pesados puede deberse a fuentes difusas, como el tránsito vehicular, o a fuentes puntuales como las emisiones industriales.

Los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años las actividades industriales y la disposición de residuos de todo tipo han contribuido a una acumulación de estos elementos en suelos. Es importante avanzar en el estudio de líneas base de referencia y en el conocimiento de la concentración de metales en suelos contaminados, para establecer regulaciones adecuadas que permitan avances en la protección del ambiente y la salud humana.

Existen diversos antecedentes acerca del enriquecimiento con metales en suelos urbanos. Sánchez Camazano *et al.* (1994) encontraron polución con Cd y Pb en suelos y vegetales de jardines urbanos de Salamanca (España), relacionados con la densidad de tránsito vehicular y la distancia a las rutas.

Los valores altos de plomo son comunes en suelos de áreas urbanas, en Seúl se ha determinado que son dependientes de la densidad de tránsito (Yun *et al.*, 2000). El Pb, Zn y Cd también han resultado elevados en un estudio efectuado en Hungría, comparando suelos cercanos a carreteras y suelos no contaminados (Simon, 2001).

En suelos urbanos de Palermo (Sicilia) se encontraron concentraciones de Pb, Zn, Cu, Sb y Hg mayores que las de suelos naturales, con gran influencia en este caso del tránsito vehicular (Salvagio Manta *et al.*, 2002). Tanto el Zn como el Pb también han resultado altos en áreas urbanas de Nigeria (Gbadegesin y Olabode, 2000), y Onianwa *et al.* (2001), encontraron elevadas concentraciones de metales (especialmente Pb y Cu) en la vecindad de talleres de automóviles. En Hong Kong, debido a la rápida urbanización y la escasez de tierras, la mayoría de los parques urbanos está cerca de áreas industrializadas y los suelos urbanos tienen altas concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn (Li *et al.*, 2001).

Los suelos destinados a horticultura urbana pueden considerarse de "uso sensible" desde el punto de vista ecotoxicológico, por lo que la acumulación de metales pesados en suelos de ambientes urbanos requiere urgente atención de urbanistas y ambientalistas, para prevenir su lixiviación a las napas de agua y minimizar el riesgo para la salud (Gbadegesin y Olabode, 2000).

En la Argentina, existen políticas de promoción de la agricultura pública urbana a nivel nacional, cristalizadas en la creación de PROHUERTA, y a nivel local, experiencias en Buenos Aires y Rosario, especialmente (Madaleno, 2001). En trabajos anteriores se alertó acerca de la presencia de metales pesados en suelos urbanos y suburbanos de Buenos Aires (Ratto *et al.*, 1999; Marbán *et al.*, 1999; Giuffré *et al.*, 1999).

El objetivo del presente trabajo es presentar un relevamiento de valores de metales pesados en suelos dedicados al uso hortícola en zonas urbanas y periurbanas de Buenos Aires. La información obtenida se compara con estándares nacionales e internacionales de calidad de suelo y se calcula el factor de enriquecimiento en metales pesados en huertas del conurbano bonaerense con referencia a estándares de calidad de suelo aplicados en Holanda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron extraídas en once pequeñas huertas del conurbano bonaerense, cuya superficie osciló entre 50 y 500 m², correspondientes a emprendimientos hortícolas en escuelas, hospitales, villas de emergencia o zonas aledañas a basurales a cielo abierto. Debido al alto costo de los análisis se tomó para cada huerta una muestra compuesta de 3 submuestras de una transecta, considerándose la capa superficial de 0-10 cm de profundidad.

Las muestras se extrajeron con barrenos de acero inoxidable, fueron secadas al aire entre 24 y 48 hs, mortereadas y tamizadas por 2 mm, efectuándose análisis de rutina de carbono total y pH.

Para evaluar el contenido total de metales en el suelo se utilizó la técnica de McGrath *et al.* (1994). Los metales extraídos con agua regia fueron cuantificados por espectrometría de emisión inducida por plasma en un equipo Baird-ICP 2070. Para controlar la eficacia del método se usó material de referencia NIST 2704.

Se analizaron diversos criterios de calidad con respecto al contenido de metales pesados del suelo ($\mu\text{g g}^{-1}$ suelo), que se resumen en la Tabla 1.

Se observó que la legislación argentina (Decreto Reglamentario 831 (1993) de la Ley Nacional 24051 de residuos peligrosos) es menos exigente para los estándares de suelos que otros criterios internacionales, y debido a que se considera que una huerta es un "uso sensible" del suelo, se decidió comparar los valores obtenidos en huertas bonaerenses con las referencias de estándares holandeses, reconocidos internacionalmente. Se calculó un factor de enriquecimiento como la concentración del elemento en suelo urbano referida al estándar holandés de calidad de suelos.

Los datos obtenidos fueron analizados aplicando estadísticas descriptivas, ANVA (análisis de varianza) y MANOVA (análisis de varianza multivariado).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de carbono total oscilaron entre 1,13 y 1,85%, y el pH entre 6,1 y 7,6. La textura de las distintas muestras varió entre franco limosa y franco arcillo-limosa, con presencia de algunos elementos de relleno como cascotes y plásticos (que oscilaron alrededor de una media de 12%) en los sitios con historia previa de deposición de residuos, pero sin constituir una limitación para emprendimientos hortícolas, en muchos casos de subsistencia.

Tabla 1: Criterios de calidad con respecto al contenido de metales pesados del suelo ($\mu\text{g g}^{-1}$ suelo).Table 1: Quality criteria of heavy metals contents in soil ($\mu\text{g g}^{-1}$ suelo).

Referencia	Pb	Zn	Cd	Cu	Cr	Ni
ICRLC Guidance note 59/83, (1987)	500	300	3	130	600	70
Netherlands: valores debajo de los cuales los suelos están probablemente no contaminados. Cairney, (1995)	50	200	1	50	100	50
© normal en suelos. Bowie y Thornton, (1985)	10-150	25-200	1-2	2-60		2-100
Rango usual en suelos. Blum, (1995)	0,1-150	25-200	0,5	2-60	5-100	2-100
Mediana en suelos. Riffaldi y Levi, (1991)	35	90	0,35	30	70	50
Suelos no contaminados. Kabata-Pendias, (1992)	70	50	1	40		100
Media en corteza terrestre. Sauerbeck, (1992)	16	50	0,5	100	200	80
Argentina. Decreto Reglamentario 831/93 de la Ley 24051 sobre régimen de desechos peligrosos. Niveles guía de calidad de suelos	375	600	3	150	750	150
Valor óptimo en sedimentos, nueva lista holandesa, (2003)	85	140	0.8	36	100	35

En la Tabla 2 se presenta el contenido promedio de metales medidos en once huertas correspondientes a siete localizaciones, y el análisis de varianza correspondiente.

Los resultados del análisis de varianza multivariado se presentan en la Tabla 3. Este análisis resulta más

potente aún para diferenciar todas las situaciones, considerando los metales en su conjunto, y corrobora el hecho de una alta variabilidad sitio-específica, característica de los fenómenos de contaminación de suelos.

Si se comparan los resultados promedio obtenidos con la concentración de metales en la corteza terrestre

Tabla 2. Metales pesados en suelos urbanos.

Table 2. Heavy metals in urban soils.

Huerta	Metales ($\mu\text{g/g}$)					
	Cd	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn
1	0,80 ab	20,00 a	0,00 a	12,70 b	16,10 a	40,00 a
2	1,90 d	84,10 e	14,00 d	34,50 g	50,90 cd	128,00 c
3	1,90 d	118,00 h	17,40 e	36,90 g	103,50 e	174,70 e
4	0,70 ab	70,90 d	5,40 b	16,40 cd	27,50 ab	174,90 e
5	1,30 c	676,50 i	7,40 bc	16,80 cd	43,70 bcd	161,50 d
6	0,80 ab	107,20 g	13,70 d	116,00 h	57,30 d	209,00 f
7	0,60 a	56,80 c	6,60 bc	18,00 de	688,10 f	175,60 e
8	2,00 d	100,50 f	20,00 f	20,00 e	55,40 d	220,10 g
9	2,16 d	54,17 c	11,66 d	25,88 f	30,08 ab	172,90 e
10	0,80 ab	31,40 b	8,10 c	9,40 a	20,40 a	60,00 b
11	1,10 bc	56,00 c	12,00 d	14,50 bc	33,80 abc	133,30 c

Letras distintas indican diferencias significativas para cada metal entre situaciones ($p <= 0,05$).

Tabla 3. Análisis de varianza multivariado.
Table 3. Multivariate analysis of variance.

Huerta	
7	A
8	B
9	C
10	D
11	E
6	F
1	G
2	H
3	I
4	J
5	K

Letras distintas indican diferencias significativas entre situaciones ($p < 0,05$)

(Bowen, 1979), se evidencian en los casos estudiados, valores mayores de Cd, Pb, Cu, Zn, que podrían indicar contaminación antropogénica.

El decreto 831 de la Ley nacional 24051, citado anteriormente, y actualmente en vigencia, establece niveles guía de calidad de suelos para diferentes usos de los mismos: agrícolas, residenciales e industriales. En la Tabla 4 se presenta la estadística descriptiva de los metales analizados y la comparación de sus valores medios y máximos con la legislación argentina.

Los valores promedio resultaron en todos los casos aceptables, mientras que los valores máximos resultaron no aceptables para Cu, Zn y Pb. Comparando los estándares nacionales con los internacionales, las diferencias son marcadas. En situaciones de alta exposición a la contaminación por metales pesados en suelos, que pueden transferirse a otros recursos naturales y a la cadena trófica, deberían extremarse las precauciones al efectuar diagnósticos ambientales.

Es por ello, que se decidió calcular los factores de enriquecimiento promedio y máximos para todos los metales considerados, según se observa en la Figura 1.

Los datos obtenidos coinciden con los antecedentes de metales en suelos urbanos presentados anteriormente. El incremento en la concentración de metales pesados en los suelos estudiados se atribuye en algunas situaciones al tránsito vehicular y en otras a la previa disposición de residuos sólidos urbanos. Considerando los factores de enriquecimiento promedio, se observa una mayor peligrosidad para los casos de Cd, Pb y Cu. El Cu y el Pb tienen una movilidad baja en el suelo lo cual es beneficioso desde el punto de vista ecotoxicológico por el riesgo de entrada en la cadena trófica. (Kabata Pendias y Pendías, 1992). El Cd, en cambio, es muy móvil y tiene una tendencia manifiesta a acumularse en las verduras de hoja con un factor de transferencia de 1 (Fergusson, 1990).

Debe tenerse en cuenta que la AUP (agricultura urbana y periurbana) presenta riesgos para la salud debidos en parte a las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla, lo que implica realizar un seguimiento a largo plazo de los impactos sobre la salud de los diferentes tipos de la AUP bajo diversas condiciones medioambientales. La planificación y puesta en práctica de las soluciones a estos problemas requiere un enfoque

Tabla 4. Estadística descriptiva del contenido de metales pesados en suelos y su comparación con niveles guía argentinos de calidad de suelos.

Table 4. Descriptive statistics of soil heavy metals and comparison with argentine soil quality level.

Metal	Rango ($\mu\text{g g}^{-1}$ suelo)	Media	D.E.	Valor promedio	Valor máximo
Cadmio	0,6-2,16	1,28	0,60	aceptable	aceptable
Plomo	20-676	125,05	185,45	aceptable	no aceptable
Níquel	5,4-20	11,63	4,81	aceptable	aceptable
Cromo	9,4-116	29,19	30,07	aceptable	aceptable
Cobre	16,1-688	102,43	195,73	aceptable	no aceptable
Zinc	40-220	150,00	56,48	aceptable	no aceptable

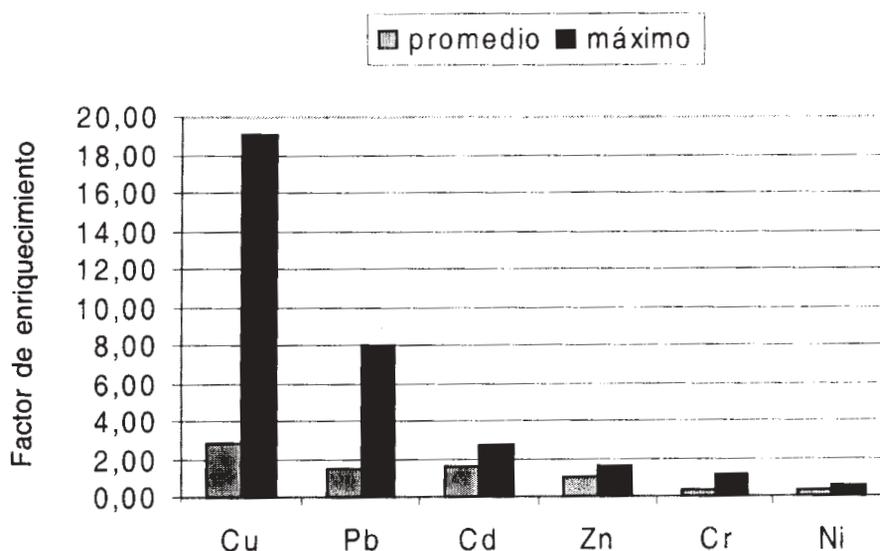


Figura 1. Valores de factor de enriquecimiento promedio y máximo de metales pesados con referencia a la norma holandesa.

Figure 1. Mean and maximum enrichment factors of soil heavy metals with reference to Dutch standards.

multidisciplinario y participativo, con una estrecha cooperación entre las autoridades sanitarias, agrónomos, planificadores de utilización de tierras y autoridades municipales (Lock y de Zeeuw, 2000).

La inclusión de la agricultura urbana dentro de la planificación territorial es un elemento para determinar el múltiple uso de la tierra y la protección ambiental necesaria. Es necesario el desarrollo de políticas crediticias y de instrumentos para la AUP, con especial énfasis en los productores más vulnerables, para suplementar los programas de asistencia técnica (Cabbanes y Dubeling, 2001).

En el presente estudio la concentración de algunos metales pesados en los suelos de huerta resultó elevada, con una alta variabilidad sitio-específica entre situaciones. Deben tenerse en cuenta los aspectos socio-económicos implicados en la horticultura urbana en nuestro país. El factor de enriquecimiento promedio, con respecto a estándares holandeses de calidad de suelos, fue superior para los metales Cd, Pb y Cu, procedentes de tránsito vehicular o residuos sólidos urbanos, mientras que para la legislación argentina todos los promedios resultaron aceptables. En cuanto a los valores máximos, el decreto 831 de la ley 24051 separó como no aceptables Cu, Zn y Pb, mientras que los estándares holandeses involucraron también al Cd dentro de esta categoría.

BIBLIOGRAFÍA

- Bowen, HJM. 1979. Plants and the chemical elements. Academic Press, London
- Cabannes, Y & M Dubeling. 2001. Food security, urban agriculture and urban management. UMP-LAC/UNCHS-HABITAT/IPES New York .City Farmer, Canada's Office of Urban Agriculture
- Fergusson, J. 1990. The heavy elements. Chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press. Oxford. 175-182 pp.
- Gbadegesin, A & MA Olabode. 2000. Soil properties in the metropolitan region of Ibadan, Nigeria: implications for the management of developing countries. *Environmentalist* 20: 205-214.
- Giuffré, L; S Ratto & L Marbán. 1999. Contaminación de un suelo urbano afectado por residuos sólidos. *Gerencia Ambiental* 37:529-531.
- Giuffré, L; S Ratto & C Pascale. 2003. Contaminación de suelos. *En: Impacto ambiental en Agrosistemas*. Lidia Giuffré. ISBN 950-29-0624-1. Editorial EFA-Facultad de Agronomía, Buenos Aires. 49-82.
- Kabata-Pendias, A & H Pendias. 1992. Trace elements in soils and plants, 2nd.ed. CRC Press.150pp.
- Li, X; C Poon & PS Liu. 2001. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*. 16: 1361-1368.

- Lock, I & de H Zeeuw. 2000. Mitigación de los riesgos para la salud asociados con la agricultura urbana y peri-urbana. Conferencias electrónicas "Agricultura urbana y peri-urbana en la agenda política" FAO y ETC-RUAF, 21 de Agosto al 30 de Septiembre del 2000: www.RUAF.org website: www.:FAO.org/urbanag.
- Madaleno, IM. 2001. Urban Agriculture Supportive Policies in Latin America. City Farmer, Canada's Office of Urban Agriculture.
- Marbán, L; L Giuffré; S Ratto & A Agostini. 1999. Contaminación con metales pesados en un suelo de la cuenca del río Reconquista. *Ecología Austral* 9: 15-19.
- McGrath, SP; AC Chang; AL Page & E Writter. 1994. Land application of sewage sludges: scientific perspectives of heavy metal loadings limits in Europe and the United States. *Environmentalist* 2:108-118.
- Onianwa, PC; OM Jaiyeola & RNEgekenze. 2001. Heavy metals contamination of topsoil in the vicinities of auto-repair workshops, gas stations and motor parks in a Nigerian city. *Toxicology and Environmental Chemistry* 84:33-39.
- Ratto, S; M González; L Marbán & L Giuffré. 1999. Calidad de suelos antrópicos en espacios verdes urbanos. *Gerencia Ambiental* 38:36-40.
- Salvagio Manta, D; M Angelone; A Bellanca; R Neri & M Sprovieri. 2002. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *The Science of the Total Environment* 300: 229-243.
- Sánchez Camazano, M; MJ Sanchez Martín & LF Lorenzo. 1994. Lead and cadmium in soils and vegetables from urban gardens of Salamanca (Spain). *The Science of the Total Environmental* 146:163-168.
- Schnitzler, WH; R Holmer & S Sansavini. 1999. Strategies for urban horticulture in developing countries. *Acta Horticulturae* 495:331-335.
- Simon, L. 2001. Heavy metals, sodium and sulphur in roadside topsoils and in the indicator plant chicory (*Cichorium intybus* L). *Acta Agronomica Hungarica* 49: 1-13.
- Yun, ST; BY Choi & PK Lee. 2000. Distribution of heavy metals (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, As) in roadside sediments, Seoul Metropolitan City, Korea. *Environmental Technology* 21: 989-1000.