

Estudio de suelos de parques y jardines de Sevilla: relación entre diversos parámetros generales de los suelos y los contenidos de Cu y Zn, y efecto de la profundidad en la toma de muestra

M.C. FLORIDO¹, A.B. GARCÍA¹ & F. MADRID²

¹ Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Sevilla. Crta. de Utrera km 1. 41013 Sevilla, España.

² Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. C.S.I.C. Avda. Reina Mercedes s/n, 41012 Sevilla, España.

Resumen

Los suelos urbanos de Sevilla han sido estudiados en los últimos años dentro del proyecto URBSOIL. Previamente se habían encontrado niveles relativamente elevados de algunos metales (Cu, Pb y Zn) en las zonas más cercanas al centro histórico de la ciudad, con lo que parece evidente la influencia humana en el origen de estos metales. En general se había encontrado una alta disponibilidad de los metales, lo que incrementa la preocupación por este tipo de contaminación.

El objetivo de este trabajo es estudiar las relaciones entre los parámetros generales de los suelos (pH, granulometría, conductividad eléctrica, carbonato, carbono orgánico, nitrógeno y relación C/N) y los contenidos de Cu y Zn, así como estudiar la variación con la profundidad. Para ello, se han tomado muestras en un total de 32 puntos, a dos profundidades (0 a 10 cm y 10 a 20 cm) en varios parques y jardines de Sevilla, desde diciembre de 2003 a marzo de 2004. Las muestras se caracterizaron midiendo sus propiedades más importantes y sus contenidos pseudototales de Cu y Zn por digestión con agua regia.

Los suelos estudiados son suelos francos, con pH básico, con contenidos en carbonatos medio-altos y sin problemas de salinidad. Los contenidos de materia orgánica son típicos de zonas semiáridas y de regadío, se encuentra una relación C/N común en suelos agrícolas con tendencia a la humificación y con valores que indican una fertilidad media a buena.

El pH en agua aumenta significativamente con la profundidad, mientras que el contenido de carbono orgánico y el nitrógeno disminuyen, también de forma significativa. El factor profundidad no afecta de forma significativa a los contenidos

de Cu y Zn. Sin embargo, se ha encontrado una fuerte relación directa entre los contenidos en Cu y Zn entre sí y con el carbono orgánico, y una relación inversa entre todos ellos y el pH en agua.

Según la normativa medioambiental de Québec, los contenidos de Cu y Zn en la mayoría de los parques están por debajo de los niveles máximos aceptables para uso residencial, e incluso muchos de éstos por debajo de los valores considerados como “fondo”, si bien el 21 % de los puntos estudiados, respecto al Cu, necesitarían ciertas actividades de recuperación.

Abstract

The urban soils of Seville have been studied within a European project (URBSOIL) during recent years. Relatively high levels of some metals (Cu, Pb and Zn) have been found in the nearest sites to the historical city centre suggesting a definite human influence. In general, a high metal availability has been found, which is a cause of concern. The object of this work was to study the relations between some general parameters in soils (pH, texture, electrical conductivity, calcium carbonate equivalent, organic carbon, N, C/N ratio) and the Cu and Zn contents, as well as to study the effect of depth on and the relations between them.

With that purpose, 32 sampling sites, at two depths (0-10 cm and 10-20 cm) were chosen within the main public parks and gardens of Seville, between December of 2003 and March of 2004. The samples were characterised in their most significant properties, and their pseudototal contents of Cu and Zn were measured by digestion with *aqua regia*.

All samples were within the various loam classes, of slightly alkaline pH, with medium-high carbonate content and without salinity. The organic matter contents are typical from semiarid and irrigated lands, showing a C/N ratio common to agricultural soils with a tendency to humus formation and a medium-good level of fertility.

Water pH increases significantly with depth, while organic carbon and nitrogen contents decrease significantly. On the other hand, the depth factor does not affect Cu and Zn contents significantly. However, a very marked direct relation of Cu, Zn with organic carbon contents, whereas an inverse relation among all these and pH in water have been found.

Using reference values given by the environmental regulations of the Government of Québec, Cu and Zn contents in most cases showed lower contents than the maximum acceptable limits for residential use, and many are below the background limits, however 21% of the sampling sites for Cu may require restoration works.

Introducción

Los suelos urbanos de Sevilla han sido estudiados en los últimos años (Madrid *et al.* 2002; Hurthouse *et al.* 2004; Madrid *et al.* 2004) dentro del proyecto URBSOIL financiado por la Unión europea (EVK4-CT-2001-00053). Se han encontrado niveles relativamente elevados de algunos metales (Cu, Pb y Zn) en la zona más

cercana al centro histórico de la ciudad, con lo que parece evidente la influencia humana en el origen de estos niveles. No se han encontrado valores elevados en las zonas más cercanas a áreas industriales, localizadas en los alrededores de la ciudad. En general se ha encontrado una alta disponibilidad de los metales, lo que incrementa la preocupación por este tipo de contaminación. En la actualidad se están estudiando formas de reducir la disponibilidad de los metales por medio del uso de enmiendas inorgánicas de diverso origen y su influencia en cultivos. En este trabajo se estudia la relación entre los contenidos de Cu o Zn y diversas propiedades de los suelos y se intentan establecer distintos grados de deterioro por contaminación con dichos metales con la ayuda de una normativa existente en el extranjero para suelos residenciales o de recreo.

Material y métodos

El material objeto del estudio está constituido por 32 muestras de suelos procedentes de varios parques y jardines de Sevilla. Los puntos de muestreo se identifican en la tabla 1. Las muestras fueron tomadas desde diciembre del 2003 a marzo del 2004. Cada muestra se obtuvo mezclando tres submuestras tomadas en un metro cuadrado. Se tomaron muestras a dos profundidades (de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm). En el laboratorio se extendieron en bandejas y se hizo una primera limpieza, eliminando piedras, insectos, raíces y objetos extraños. Se secaron en la estufa a 40 °C. La disgregación mecánica de los agregados se realizó mediante un molino de tambor, y el tamizado con un tamiz de 2 mm de luz. Para seleccionar una fracción representativa para el laboratorio se usó el método del “cuarteo”. Una vez preparadas las muestras se realizaron las determinaciones siguientes: pH en extracto 1:2,5 p/v en agua y en disolución de CaCl 0,01 M (British Standard); materia orgánica por el método Walkley y Black; N por el método Kjeldahl, carbonatos con el Calcímetro de Bernard; análisis mecánico por el método del densímetro de Bouyoucos; conductividad eléctrica en extracto acuoso 1:5; extracción con agua regia y determinación de Cu y Zn por espectrofotometría de absorción atómica. Los datos experimentales se sometieron a un estudio de estadística descriptiva, análisis de la varianza y análisis de componentes principales.

Resultados

Los parámetros generales de los suelos estudiados y los contenidos de Cu y Zn extraídos con agua regia, también llamados pseudototales, a las dos profundidades estudiadas, se recogen en la tabla 2. Los suelos estudiados son suelos francos, con pH básico, con contenidos en carbonatos medio-altos y sin problemas de salinidad. Los contenidos de materia orgánica son típicos de zonas semiáridas y de regadío, se encuentra una relación C/N común en suelos agrícolas con tendencia a la humificación y con valores que indican una fertilidad media a buena. El efecto de la profundidad se pone de manifiesto mediante el análisis de la varianza que se muestra en la tabla 2. El pH en agua aumenta significativamente con la profundidad, mientras que el contenido de carbono orgánico y el nitrógeno disminuyen, también

de forma significativa. El factor profundidad parece no afectar de forma significativa a los contenidos de Cu y Zn.

Tabla 1. Identificación de los puntos de muestreo y clasificación de los puntos de muestreo que superan los niveles de referencia del Ministerio de Medio Ambiente de Québec (*).

Parques	Nº identificación	Cu	Zn
Los Principes	1	A	A
	2, 3	-	-
Paseo de las Delicias	4	B	A
M ^a Luisa	5, 6, 7,	A	A
	8	A	-
Miraflores	9,	A	-
	10, 11	-	-
J. Muralla Macarena	12,	A	-
	13	B	A
Jardines del Valle	14	B	A
J. Catalina de Ribera	15, 16	-	-
Jardines Cristina	17	B	A
Amate	18, 19, 20	-	-
Infanta Elena	21, 22	-	-
Luis Uruñuela	23	-	-
Alamillo	24, 25, 26, 27, 28	-	-
Archivo de Indias	29	B	A
Plaza Encarnación	30	A	A
Plaza del Duque	31	B	A
J. R. Alcázares	32	B	A

(*)

A: niveles para los que no se considera existencia de contaminación. Son considerados niveles de fondo ($40 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cu}$, $110 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Zn}$).

B: límite máximo aceptable para usos residencial, recreativo o institucional. Los suelos que superan este valor requieren análisis y trabajo de recuperación ($100 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cu}$, $500 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Zn}$).

C: límite máximo aceptable para usos comerciales no localizados en áreas residenciales y para uso industrial. Los suelos que exceden del nivel C deben ser tratados ($500 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Cu}$, $1500 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Zn}$).

Las relaciones entre los parámetros generales de los suelos y los contenidos de Cu y Zn se han puesto de manifiesto mediante el análisis de componentes principales. Para cada profundidad, las tablas 3 y 4 muestran la matriz de los componentes rotados. Se puede destacar que la profundidad afecta a las relaciones encontradas, si bien, en ambos niveles de profundidad encontramos un primer componente que explica el 30,0 y el 34,7 % de la varianza respectivamente. En este primer componente se ha encontrado una fuerte relación directa entre los contenidos en Cu y Zn entre sí y con el carbono orgánico, y una fuerte relación inversa entre todos

ellos y el pH (en CaCl_2 y en agua). El contenido en carbono orgánico tiene mayor peso a profundidad 0-10 cm, perdiendo importancia a profundidad 10-20 cm y, por otra parte, el pH en agua presenta una menor contribución en el componente 1 a profundidad 0-10 cm en comparación con la que muestra a profundidad de 10-20 cm. La asociación de la materia orgánica y los dos metales es el aspecto más llamativo del análisis. Esta asociación puede deberse al uso de enmiendas orgánicas de baja calidad en los parques de la ciudad o bien una acción fijadora de los metales por la materia orgánica presente en el suelo. Para optar entre estas dos posibilidades está actualmente en marcha un experimento de campo en algunos parques de la ciudad, en cooperación con el Servicio de Parques y Jardines. En cualquier caso, el primer componente principal parece representar por tanto la contaminación con los metales estudiados, elegidos de entre los llamados “urbanos” por algunos autores, mientras que los otros componentes parecen representar la composición mineralógica, granulométrica y salina.

Sólo algunos países han establecido límites máximos específicos para suelos de zonas de recreo o residenciales. Entre ellos, la normativa medioambiental del Ministerio de Medio Ambiente de Québec (Ministère de l' Environnement du Québec, 2001), establece los límites con tres niveles distintos según el grado de intervención necesario. En este trabajo se consideran estos límites para llegar a una estimación de la situación en la que se encuentran los suelos estudiados. Según la citada normativa, los contenidos de Cu y Zn en la mayoría de los parques están por debajo de los niveles máximos aceptables para uso residencial, e incluso muchos de estos por debajo de los valores considerados como “fondo” en la citada normativa de Québec para suelos de áreas recreativas, si bien el 21 % de los puntos estudiados, respecto al Cu, necesitarían ciertas actividades de recuperación (tabla 1). No obstante, conviene advertir que en publicaciones anteriores del equipo del presente trabajo (Madrid *et al.*, 2002), y con el objeto de calcular unos “índices de contaminación”, se eligieron como valores de fondo en los parques de Sevilla los correspondientes a las medias de los contenidos observados en el parque del Alamillo, que por término medio presenta los contenidos más bajos dentro de los parques de la ciudad. Otros valores índice existentes en la bibliografía, como los de fitotoxicidad, valores medios “normales”, etc., no son aplicables a nuestro caso, donde la posible toxicidad para la población y el origen frecuentemente no natural de los suelos urbanos convierte tales valores índice en exentos de significado.

Conclusiones

Los suelos estudiados son suelos francos, con pH básico, con contenidos en carbonatos medio-altos y sin problemas de salinidad. Los contenidos de materia orgánica son típicos de zonas semiáridas y de regadío, se encuentra una relación C/N común en suelos agrícolas con tendencia a la humificación y con valores que indican una fertilidad media a buena.

Tabla 2. Valores medios, desviación estándar, mediana, máximos y mínimos de los parámetros descriptivos generales de 32 muestras de suelos a dos profundidades y análisis de la varianza para el factor profundidad (*).

	Prof.	Media	(*)	D.S.	Mediana	Máximo	Mínimo
pH en agua	0-10 cm	8,20	a	0,23	8,19	8,62	7,56
	10-20 cm	8,35	b	0,24	8,35	8,84	7,81
pH en CaCl ₂	0-10 cm	7,34	a	0,33	7,17	7,86	6,91
	10-20 cm	7,39	a	0,33	7,23	8,01	6,98
C.E. (dS m ⁻¹)	0-10 cm	0,10	a	0,04	0,10	0,26	0,06
	10-20 cm	0,09	a	0,03	0,09	0,19	0,05
% CaCO ₃	0-10 cm	15,31	a	6,94	13,57	30,56	0,76
	10-20 cm	16,11	a	8,23	15,06	28,37	0,48
% C orgánico	0-10 cm	1,85	a	0,73	1,82	3,31	0,69
	10-20 cm	1,31	b	0,80	1,08	3,41	0,37
% N Kjeldahl	0-10 cm	0,15	a	0,09	0,14	0,52	0,01
	10-20 cm	0,11	b	0,06	0,10	0,28	0,01
C/N	0-10 cm	38,71	a	102,79	12,78	482,93	4,44
	10-20 cm	21,20	a	49,21	12,94	289,76	3,84
% arena	0-10 cm	44,32	a	10,78	43,88	61,40	25,21
	10-20 cm	45,44	a	12,60	45,13	66,42	21,97
% limo	0-10 cm	35,63	a	10,22	34,25	53,05	15,85
	10-20 cm	33,61	a	10,67	32,30	53,49	15,29
% arcilla	0-10 cm	20,31	a	8,42	20,56	38,05	7,67
	10-20 cm	21,13	a	8,54	21,42	38,97	9,74
Cu (mg kg ⁻¹)	0-10 cm	62,5	a	53,1	36,1	178,0	15,7
	10-20 cm	65,3	a	57,6	39,2	212,0	13,4
Zn (mg kg ⁻¹)	0-10 cm	109,0	a	63,7	84,6	246,0	37,9
	10-20 cm	96,9	a	58,1	76,5	253,0	33,2

* Análisis de la varianza, letras diferentes indican diferencias de medias significativas para $p < 0,05$.

D.S : desviación estándar

Tabla 3. Matriz de componentes rotados. Profundidad de 0-10 cm. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Componente	1	2	3	4
C org.	0,921	0,067	0,171	-0,048
Zn	0,898	-0,006	0,249	0,212
Cu	0,838	-0,094	0,388	0,234
pH CaCl ₂	-0,733	0,365	0,261	-0,088
limo	0,033	0,888	-0,111	0,323
arena	0,109	-0,869	0,067	0,450
pH agua	-0,531	0,649	-0,372	0,144
CE	0,078	-0,147	0,861	0,062
N	0,274	-0,098	0,769	-0,006
arcilla	-0,175	0,023	0,013	-0,962
CaCO ₃	0,062	0,432	0,528	0,592
Autovalor	3,303	2,303	2,076	1,718
Varianza explicada (%)	30,026	21,180	18,872	15,615
Varianza acumulada (%)	30,026	51,206	70,079	85,693

Tabla 4. Matriz de componentes rotados. Profundidad de 10-20 cm. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

	Componente			
	1	2	3	4
Zn	0,873	0,080	0,015	0,234
Cu	0,870	0,313	-0,129	0,142
C org.	0,868	0,430	0,065	0,028
pH CaCl ₂	-0,803	0,444	0,073	-0,069
pH agua	-0,770	-0,058	0,495	0,143
CE	0,073	0,939	0,014	0,039
N	0,507	0,671	0,198	0,009
CaCO ₃	0,026	0,605	0,352	0,541
limo	-0,033	0,138	0,950	0,190
arena	0,140	-0,101	-0,859	0,473
arcilla	-0,156	-0,048	0,076	-0,952
Autovalor	3,818	2,218	2,081	1,562
Varianza explicada (%)	34,710	20,168	18,918	14,199
Varianza acumulada (%)	34,710	54,877	73,796	87,994

El pH en agua aumenta significativamente con la profundidad en la toma de muestra, mientras que el contenido de carbono orgánico y el nitrógeno disminuyen, también de forma significativa. El factor profundidad no afecta de forma significativa a los contenidos de Cu y Zn. Sin embargo, se ha encontrado una fuerte relación directa entre los contenidos en Cu y Zn entre sí y con el carbono orgánico, y una fuerte relación inversa entre todos ellos y el pH en agua.

Según la normativa medioambiental de Québec, los contenidos de Cu y Zn en la mayoría de los parques están por debajo de los niveles de referencia considerados no contaminados, si bien el 21 % de los puntos estudiados, respecto al Cu, necesitarían ciertas actividades de recuperación.

Referencias

- Ministère de l' Environnement du Québec (2001). Politique de Protection des Sols et de Réhabilitation des Terrains Contaminés. Publication of the MEQ, Colletion terrain contaminés.
- Hursthouse, A., Tognarelli, D., Tucker, P., Ajmone Marsan, F., Martini, C., Madrid, L., Madrid F., & Diaz Barrientos, E. (2004). Metal content of surface soils in parks and allotments from three European cities: initial pilot study results. *Land Contamination and reclamation* 12(3):189-196.
- Madrid, L., Diaz Barrientos, E., & Madrid, F. (2002). Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere* 49: 1301-1308.
- Madrid, L., Diaz Barrientos, E., Reinoso, R., & Madrid, F. (2004). Metal in urban soil of Seville: seasonal changes an relation with other components and plant contents. *European Journal of Soil Science* 55:209-217.