



CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y CONCENTRACIÓN DE METALES A LO LARGO DE UN GRADIENTE DE URBANIZACIÓN EN BUENOS AIRES, ARGENTINA

SOIL CHARACTERISTICS AND METAL CONCENTRATION ALONG AN URBANIZATION GRADIENT IN BUENOS AIRES, ARGENTINA

SILVIA C. LÓPEZ¹ - PATRICIA E. PERELMAN^{2,5} - MARIANO RIVARA³ -
MARIA A. CASTRO⁴ - ANA FAGGI^{2,3}

¹ Grupo Agronómico, CNEA, Av. Libertador 8250, Bs.As., Argentina. siclopez@cae.cnea.gov.ar

² Museo Argentino de Ciencias Naturales – CONICET patriperelman@macn.gov.ar – afaggi@macn.gov.ar

³ Universidad de Flores – UFLO – Bs.As. - Argentina

⁴ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA. mac@bg.fcen.uba.ar

⁵ Facultad de Farmacia y Bioquímica – UBA

RESUMEN

En muestras de suelo extraídas a lo largo de un gradiente urbano-periurbano de la ciudad de Buenos Aires se analizaron las propiedades básicas y el contenido de metales pesados. En las mismas no se registraron cambios importantes en los valores de pH, carbono orgánico y N total relacionados con el gradiente de urbanización. Sin embargo, altas concentraciones de fósforo extraíble caracterizan significativamente al ambiente urbano. También se encontraron diferencias significativas en las concentraciones promedio de plomo en las tres áreas estudiadas. El contenido de Pb del área barrial (370,14 mg/kg) duplica al del área céntrica y es siete veces superior al del periurbano. Los niveles de Cd, Cr y Ni son más homogéneos y se encuentran por debajo

de las normativas argentinas e internacionales para las localidades analizadas. La gran variabilidad en los datos se registra en los ambientes urbanos. En sitios urbanos los datos fuera de rango de Fe, Pb y P -en el caso del Pb por encima de la normativa- indican contaminación cuya principal fuente es atribuible al transporte vehicular y al vertido puntual de residuos.

Palabras clave: Suelos urbanos, plomo, metales pesados, contaminación.

SUMMARY

Basic soil properties and heavy metal levels were analyzed in soil samples along an urbanization gradient in Buenos Aires. No important changes were detected on

the pH, organic C and C/N ratio. Nevertheless high concentrations of P extractable distinguished the urban environment. Significant differences of the Pb mean values have been found in the three studied areas.

Pb concentrations in Floresta neighbourhood were two times higher than the values registered in the centric area and seven times higher than the periurban.

Cd, Cr and Ni levels were more homogeneous and below argentine and international guidelines in all locations. In general higher variability of data allows is related to the urban environment. High concentrations and outliers data of Fe, Pb and P were found in urban sites (downtown and residential neighbourhood) compared to periurban site. Main source of pollution can be linked to traffic density, fuel combustion and dumping of waste.

Keywords: *Urban soils, Pb, heavy metals, contamination.*

INTRODUCCIÓN

Los suelos urbanos cumplen importantes funciones ambientales (Stroganova *et al.*, 1997) como el secuestro de contaminantes (Paterson *et al.*, 1996), pero pueden influir negativamente en la salud humana como potenciales fuentes de partículas en suspensión o por contacto directo de elementos tóxicos provenientes de diversas fuentes (Madrid *et al.*, 2002). En la pedogénesis de suelos urbanos, a los factores naturales de formación de suelos, se suman otros producidos por el hombre que afectan los ciclos

biogeoquímicos del suelo, especialmente a través de cambios en las condiciones de manejo, flujos de agua y factores ambientales (Pickett *et al.*, 2001; Pouyat *et al.*, 2002; Hurtsthouse *et al.*, 2004). En la ciudad, la construcción de edificios y caminos aporta materiales, altera las características físicas y químicas de los suelos, modifica la secuencia de capas y perfiles, disminuye la estructura, aumenta la compactación, produce cambios en la capacidad de intercambio iónica. A su vez otras actividades contaminantes son el tránsito vehicular y la disposición de residuos.

Muchos autores señalan la necesidad de incrementar el conocimiento de los suelos urbanos (Giuffré *et al.*, 2004; Lorenz & Kandeler, 2005; Ruiz-Cortés *et al.*, 2005). Al respecto existen esfuerzos interesantes a nivel de ciudades, como el proyecto URBSOIL (Davidson *et al.*, 2006) en el marco del cual, varias ciudades europeas realizan estudios que describen los suelos, su calidad y el contenido de contaminantes. Un rasgo destacado en la bibliografía es la variabilidad sitio-específica de los resultados por enriquecimiento antropogénico, lo cual dificulta sacar conclusiones apoyadas en la estadística (Hurtsthouse *et al.*, 2004; Doichinova *et al.*, 2005).

En el estudio de suelos urbanos, algunos autores aplican la metodología del gradiente urbano-rural (Pouyat & Mc Donnell, 1991; Zhu & Carreiro, 2004). A modo de ejemplo, Pouyat & Turechnek (2001), señalan cambios en la relación C/N y en los niveles de metales.

Aplicando el modelo de gradiente urbano-rural mencionado (Pouyat &

Turechnek, 2001), se analiza en este trabajo, la variación en pH, carbono, nitrógeno, fósforo y niveles de metales pesados en suelos de la ciudad de Buenos Aires y áreas vecinas periurbanas, a lo largo de una transecta este-oeste.

Como antecedentes regionales se cuenta con los aportes de Ratto *et al.* (1999); Marbán *et al.* (1999); Giuffré *et al.* (1999), quienes alertaron acerca de la presencia de metales pesados en suelos urbanos y suburbanos de Buenos Aires. Ratto *et al.* (2004) detectaron la presencia de metales pesados y otros contaminantes a orillas del Riachuelo, con valores superiores a los que admite la normativa. En el caso del Parque Indoamericano de la ciudad de Buenos Aires estudiado por Ratto *et al.* (2006), se encontró que los niveles de Pb superan los máximos permitidos para zonas industriales.

MATERIAL Y MÉTODO

En otoño, a fines de marzo de 2005, luego de 7 días sin precipitaciones y con una temperatura media de 26 °C, se tomaron muestras de suelo a lo largo de un gradiente de urbanización de la Ciudad de Buenos Aires y área metropolitana. El muestreo se realizó en tres sectores: centro (U1), barrial (U2) y periurbano (SU). Estos sectores se ubican en la terraza eólica. En dichos sitios 30 muestras de suelo fueron extraídas con un barreno, a 15 cm de profundidad: 10 en el centro de la ciudad, 10 en un sector barrial y 10 en el periurbano. En U1 y U2 el muestreo se realizó en planteras de fresnos del arbolado de alineación de la ciudad. En SU se muestreó al pie de fresnos ubicados en un parque recreativo de Ezeiza.

Localización de las muestras

Área centro: Barrio Constitución, calle Humberto I N° 1151, 1352, 1384, 1417 y 1613 Muestra 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente; calle San José N° 904, 1062, 1082, 1160 y 1157: Muestras 6, 7, 8, 9 y 10.

Área barrial: Barrio de Flores, calle J. Bonifacio N° 3055, 3068: Muestras 11 y 12, respectivamente; Barrio de Floresta, calle J. Bonifacio N° 3140, 3366 y 3351: Muestras 13, 14 y 15; calle Enseñada N° 389, 444, 486, 479 y 408 Muestras 16, 17, 18, 19 y 20.

Área periurbana: Localidad Ezeiza, sobre calle de acceso a las piletas: Muestras 21 y 22, y Parque Recreativo de UPCN: Muestras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30.

La Tabla 1 resume las diferencias entre los sectores según localización, distancia al área céntrica de la ciudad, densidad poblacional, actividades relevantes en cada área y posibles fuentes fijas y móviles de contaminación. Para determinar estas dos últimas, se relevaron las potenciales fuentes de emisión fijas considerando estaciones de servicio, corralones de materiales, talleres mecánicos, gomerías, herrerías, etc., en un radio de 1.000 m alrededor de los suelos muestreados.

Para las fuentes móviles, se realizó un censo vehicular, simultáneamente en las tres áreas, registrando el número total de vehículos que transitaban por las calles muestreadas, durante la mañana de un jueves, el cual según D' Angiola (2005) es el día con mayor tránsito en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

Tabla 1. Características principales de los sitios muestreados
Table 1. Main characteristics of sampled sites

| Lugar | Centro | Barrial | Periurbano |
|---|--|--|--|
| Número de puntos de muestreo | n=10 | n=10 | n=10 |
| Ubicación | Calles principales (Humberto 1 y San José), 100-300 m de 2 autopistas y a 2,5 km de la usina termoeléctrica de Costanera Sur | Calles principales, (J. Bonifacio y Enseñada), a 1.000 m de la autopista 25 de mayo | Calle de acceso al área recreativa a 200 m de la calle, a 500 m de la Autopista, a 5 km del Aeropuerto Internacional |
| Distancia del área céntrica (Km) | 1,5 | 8 | 35 |
| Nº de potenciales fuentes de emisión fijas | 283 | 137 | 10 |
| Nº de vehículos/min | 8,22 v/min | 3,65 v/min | 0 v/min en el área recreativa 6 v/min en la ruta de acceso |
| Características poblacionales | Uso comercial, financiero y barrial. Alta densidad 587 habitantes/ha | Uso barrial, en menor medida comercial y talleres de mecánicos y de chapa y pintura automotor, imprentas. Densidad media 250 habitantes/ha | Forestación, área de uso recreativo Baja densidad 5 habitantes/ha |

Las muestras de suelo fueron secadas, tamizadas (2 mm) y analizadas empleando métodos usuales en el análisis de suelos (Page *et al.*, 1982). Los valores de pH fueron determinados en solución acuosa diluida 1:25. Se determinaron: carbono orgánico según Walkley y Black (Jackson, 1976), P extractable por Bray y Kurtz I (Jackson, 1976), N total fue cuantificado por la metodología de Kjeldahl modificada (FAO-IAEA, 2001) y metales (Cd, Cr, Fe, Ni y Pb) por espectrometría de absorción atómica de llama (AAS) utilizando para su comparación material de referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo del gradiente estudiado, los suelos presentan en promedio valores de pH equivalentes (Tabla 3). Los rangos en el periurbano -SU- (6 a 6,95) y en Floresta -U2- (5,53-6,93) son similares y se amplía en el centro -U1- (4,69 a 7,52), con mayor variabilidad probablemente por influencia humana. Es importante señalar, que al aumentar la acidez, se incrementa la biodisponibilidad de los elementos y el riesgo de toxicidad ante la presencia de contaminantes para los organismos vivos.

Los valores promedio de carbono orgánico oscilaron entre 1,92 % en el ambiente urbano y 2,11 % en el periurbano. El contenido de N es mayor en Floresta con un rango de 0,11-0,503. Los valores promedios de la relación C/N se acercan a 10 con un valor mínimo de 5,64 y máximo de 16,29, y son similares a los esperados para descomposición en equilibrio estable de residuos orgánicos tales como excrementos de animales. Los valores de C orgánico y N total son similares a los de otros estudios de suelos urbanos en Sevilla (Madrid *et al.*, 2002).

Los resultados muestran gran variabilidad, -una característica indicadora de contaminación en suelos urbanos- presentando desviaciones estándar muy altas, lo que impide determinar diferencias significativas en algunos elementos como

por ejemplo el Fe, (Hurtsthouse *et al.*, 2004; Doichinova *et al.*, 2005; Ratto *et al.*, 2004; Giuffré *et al.*, 2004; Giuffré *et al.*, 2005). No existe evidencia de aporte de otras fuentes de carbono, como hidrocarburos (Ratto *et al.*, 2004) o carbón, tal como menciona Doichinova *et al.*, (2005) para suelos urbanos en Bulgaria.

La relación entre C orgánico y N total presenta alto coeficiente de correlación ($r^2 = 0.98$) (Tabla 2 y Figura 1) en el área periurbana (SU) y valores menores en las localidades urbanas ($r^2 = 0.70$ en U1 y $r^2 = 0.73$ en U2). Estas diferencias implicarían alguna distorsión de la relación entre C orgánico y N total, posiblemente atribuible a la urbanización, pero que en el presente estudio no está reflejada por la relación C/N probablemente debido a la variabilidad de los datos de N y C.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre el porcentaje de Carbono orgánico (C), porcentaje de N total (%) y contenido de P extractable en $\mu\text{gP.g}^{-1}$ suelo (P) en las muestras de suelo de los distintos puntos
 Table 2. Correlation coefficient between percentage of organic carbon (C), total nitrogen (N) and content of extractable P in $\mu\text{gP.g}^{-1}$ soil (P), in soil samples from different localizations

| | Centro | | | Flores | | | Ezeiza | | |
|---|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|
| | C | N | P | C | N | P | C | N | P |
| C | 1 | 0,70 | 0,34 | 1 | 0,73 | 0,02 | 1 | 0,98 | 0 |
| N | 0,70 | 1 | 0,57 | 0,73 | 1 | 0,06 | 0,98 | 1 | 0,04 |
| P | 0,34 | 0,57 | 1 | 0,02 | 0,06 | 1 | 0 | 0,04 | 1 |

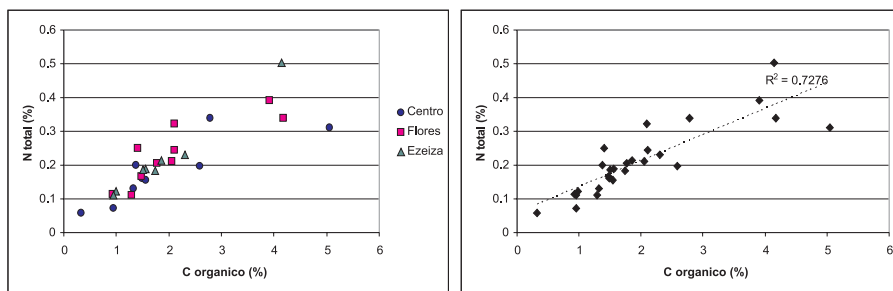


Figura 1. Relación entre N total y el C orgánico en todas las muestras. A la izquierda se exhiben las muestras discriminadas por lugar y a la derecha la correlación existente
 Figure 1. Relation between total N and organic C, in all samples. At left: samples discriminated by site, at right: the extant correlation

El valor medio de P del periurbano (mg/kg 10,74) difiere significativamente -siendo su concentración 10 veces menor- de las dos áreas urbanas. El valor encontrado se halla dentro de rangos de valores bibliográficos citados para el área pampeana Vázquez *et al.* (1987). Echeverría *et al.* (1991) encontró niveles de P de 13,26 mg/kg para la pampa arenosa.

Los altos valores de P encontrados en los suelos de la ciudad pueden asociarse con el tránsito vehicular. El componente MMT (metilciclopentadienilmanganeso) es un aditivo antiexplosivo (antichoque) de las gasolinas sin plomo, aprobado para su uso en Argentina que a causa de la combustión liberan fosfatos de manganeso (WHO 2004) que se depositan en la superficie del suelo. Madrid *et al* (2002) señalan para Sevilla rangos de P disponible de 3 a 550 mg/kg, dentro del cual podemos ubicar nuestros resultados.

Contenido de metales

La concentración de Fe, Ni, Cr y Pb se describe en la Tabla 2. Sólo en el caso del Pb las diferencias entre áreas muestreadas son significativas. Los valores medios registrados, incluido el Cd, se encuentran muy por debajo de los valores máximos de concentración de metales (mg/kg) regulados por la ley 24.051 de Residuos Peligrosos en Argentina, la que admite hasta (en mg/kg) Cd: 5, Cu y Ni: 100, Pb: 500 y Cr: 250 para uso residencial.

Las concentraciones de **hierro** encontradas son muy variables, sin embargo, se reconoce una tendencia con mayores valores en U1 con un valor promedio de 5.294,6 mg/kg y menores en el periurbano (1.205,6 mg/kg). El Fe es un elemento predominantemente de origen geogénico. En menor pro-

porción es además producto de la actividad antropogénica. Las concentraciones de Fe observadas son superiores a los citados por Ratto *et al.*, (2004) de 33-324 mg/kg para los suelos de la costa del Riachuelo.

En la literatura internacional hay escasa información acerca del comportamiento de Fe en suelos urbanos y no existen lineamientos en Argentina. Sin embargo, es conocido el efecto del Fe y sus óxidos en la adsorción de metales pesados a partículas de suelo y con ello en la biodisponibilidad.

A diferencia de lo que ocurre en nuestra área de estudio, Davidson *et al* (2006) -dentro del proyecto URBSOIL- encuentran escasa variabilidad en la concentración de Fe dentro de cada una de las ciudades estudiadas (Glasgow, Ljubljana, Sevilla, Aveiro y Turín). El patrón observado en nuestro estudio sugiere contaminación en los sectores urbanos, la cual podría deberse al aporte que realizan las construcciones edilicias y viales, los talleres mecánicos de chapa y pintura, las herrerías y el tránsito vehicular por desgaste mecánico natural y por el uso de aditivos. Similares inferencias respecto a las fuentes son citadas por Fujiwara *et al* (2006), en estudios de calidad de aire para Buenos Aires y Figueiredo *et al* (2006 en prensa) para San Pablo.

La concentración de **plomo** del área barrial (370,14 mg/kg) duplica a la del área céntrica y es siete veces superior a la del periurbano. Las concentraciones muestran rangos variables de 30,4-545 en el centro, 83,7-968,5 en Floresta y 20-135,4 en el periurbano. Tres muestras superan el máximo permitido por la normativa vigente, una en el centro (Humberto I 1417) y dos en Floresta (Bonifacio 3366 y Ensenada 389). Estas dos últimas se acercan casi a

valores que en Alemania se consideran fitotóxicos (1.000 mg Pb/kg de suelo). Ratto *et al.* (2004) consideran para Buenos Aires valores de 30 mg/kg de Pb de naturaleza geogénica. La diferencia pronunciada entre dicho valor y las concentraciones encontradas señalan un notable enriquecimiento de plomo, especialmente en Floresta y en el centro.

El Pb es uno de los elementos que se consideran de “origen urbano” (Ruiz Cortés *et al.*, 2005). Según Bacon & Hewitt (2005) más del 80% del Pb proviene de deposición atmosférica probablemente por el tránsito vehicular como su mayor fuente. El enriquecimiento con Pb es una constante en todos los suelos cercanos a áreas urbanas o industriales (Ratto *et al.*, 2006). El Pb a pesar de ser insoluble en agua, presenta solubilidad en soluciones amoniacales (Fujiwara *et al.*, 2006) y la incorporación de elementos orgánicos exógenos tiende a formar complejos de mayor movilidad (Giuffré *et al.*, 2004). La influencia de la napa freática

superficial, en Floresta a 3 metros de profundidad, pudiera ser relevante para entender esta diferencia. Los valores promedio de Pb en todos los casos están por debajo del límite que fija la normativa argentina (500 µg Pb/g suelo), pero se reconoce un efecto de la actividad humana especialmente en Floresta por la presencia de talleres mecánicos de chapa y pintura del automóvil e imprentas, en donde se observan los mayores valores de este elemento.

En los sitios urbanos, la concentración de Pb muestra algunos valores que exceden al valor aceptable (Tabla 3), coincidiendo con lo reportado por Marbán *et al.* (1999) en suelos afectados por las inundaciones del Río Reconquista (N de Buenos Aires).

En el periurbano la concentración de Pb es baja y menos variable, si bien la densidad de vehículos allí también es importante (Tabla 1), especialmente en las rutas que rodean al predio estudiado. El canopeo arbóreo actuaría como barrera y disminuiría el depósito de partículas en el suelo.

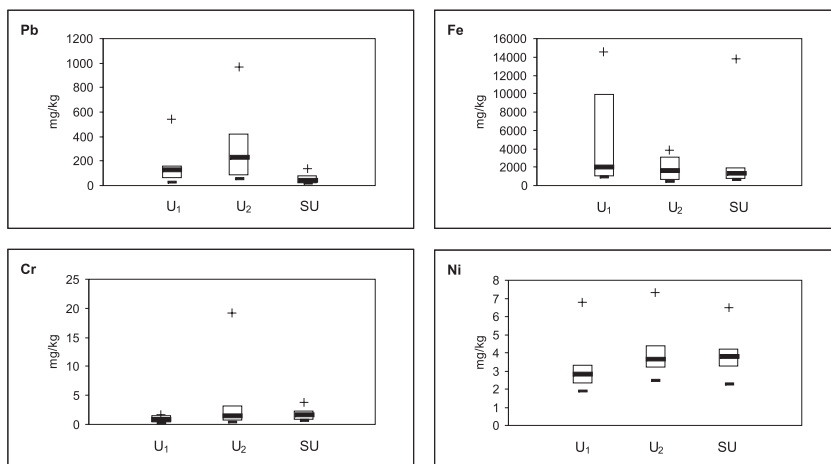


Figura 2. Concentración de Pb, Fe, Cr y Ni en suelos superficiales de Buenos Aires (U, centro y U2, barrio Floresta) y del periurbano (SU, Ezeiza)

Figure 2. Concentration of Pb, Fe, Cr and Ni in surface soils of Buenos Aires (U, town and U2, Floresta area) and peri-urban (SU, Ezeiza)

Tabla 3. Variables Edáficas. Los valores promedio por elemento y entre las áreas estudiadas se indican en negrita y con letras distintas, diferencias significativas a 5% de probabilidades de acuerdo con la prueba de Tukey

Table 3. Soil variables. Mean values by element and between studied areas are indicated in bold and with different letters significant differences at 5% level probability, according the Tukey's test

| Lugar | pH | C orgánico % | N total % | C/N | P extraíble mgP/ kg | Pb mg/kg | Cr mg/kg | Fe mg/kg | Ni mg/kg |
|-----------------|------|-----------------|--------------|-------|---------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Promedio | 6.63 | 1.92 | 0.189 | 10.33 | 119.73^a | 158.89 ^{ab} | 0.9*3 | 5294.6 | 3.35 |
| Desvío estándar | 0.79 | 1.31 | 0.096 | 3.38 | 85.97 | 148.34 | 0.46 | 5679.21 | 1.58 |
| Mediana | 6.79 | 1.52 | 0.161 | 9.94 | 82.79 | 131.05 | 0.95 | 1990 | 2.85 |
| máxima | 7.52 | 5.05 | 0.340 | 16.29 | 260.78 | 545 | 1.7 | 14580 | 6.8 |
| mínima | 4.69 | 0.33 | 0.057 | 5.79 | 29.73 | 30.4 | 0.3 | 947 | 1.9 |
| Promedio | 6.29 | 1.92 | 0.236 | 8.44 | 121.24^a | 370.14^b | 4.37 | 1961.44 | 4.1 |
| Desvío estándar | 0.49 | 0.93 | 0.120 | 1.75 | 112.22 | 348.17 | 6.2 | 1187.2 | 1.54 |
| Mediana | 6.26 | 1.77 | 0.211 | 8.59 | 110.68 | 235.5 | 1.5 | 1790 | 3.65 |
| máximo | 6.93 | 4.14 | 0.503 | 11.73 | 396.16 | 968.5 | 19.2 | 3850 | 7.3 |
| mínimo | 5.53 | 0.93 | 0.1110 | 5.64 | 16.46 | 56.2 | 0.5 | 523 | 2.5 |
| Promedio | 6.69 | 2.11 | 0.219 | 9.26 | 10.74^b | 53.98^a | 1.55 | 1205.6 | 3.55 |
| Desvío estándar | 0.35 | 1.17 | 0.092 | 1.36 | 13.31 | 37.92 | 0.5 | 383.58 | 0.73 |
| Mediana | 6.84 | 1.77 | 0.188 | 8.69 | 5.32 | 39.5 | 1.55 | 1180 | 3.6 |
| máximo | 6.95 | 4.17 | 0.392 | 12.26 | 42.68 | 135.4 | 2.4 | 1750 | 4.6 |
| mínimo | 6.00 | 0.95 | 0.111 | 8.05 | 2.65 | 20 | 0.8 | 685 | 2.3 |

Los valores promedio de **Ni** son muy bajos comparados con los contenidos encontrados en suelos urbanos de diferentes partes del mundo (Manta *et al.*, 2002), los cuales se atribuyen a desechos industriales (Birke & Rauch; 2000). Su presencia podría deberse al aporte geogénico.

Algo similar ocurre con el **chromo**, excepto para valores extremos en U2 (9,6-19,2 mg/kg), los cuales a pesar de todo, son menores que los encontrados en suelos de la costa del Riachuelo (5-503 mg/kg, Ratto *et al.*, 2004), en la cuenca del Reconquista (100-300 mg/kg, Marbán *et al.*, 1999) o los que se citan comúnmente para otras ciudades europeas (Madrid *et al.*, 2002).

El **Cr** es liberado a la atmósfera a través de la incineración de basura, de la combustión del carbón, además está asociado a las herrerías, talleres varios y de galvanizado, fábricas de calzado, curtiembres y emisiones del tránsito vehicular (Fujiwara *et al.*, 2006).

Los niveles de **cadmio** se encuentran por debajo del límite de detección de la metodología utilizada (Cd 2 µg/g suelo).

Si tenemos en cuenta la tendencia observada de las concentraciones y las características de los sitios muestreados respecto a fuentes fijas y móviles, se podría concluir que la densidad poblacional no pareciera influir en los resultados. Sí, en cambio la contaminación por el transporte vehicular y el enriquecimiento de los elementos por vía de volcado de residuos, el cual merecería una atención especial. A similares conclusiones llegan Ruiz-Cortés, *et al.* (2005) en Sevilla donde el enriquecimiento de algunos contaminantes está relacionado con el tránsito y no con los diferentes usos del suelo.

CONCLUSIONES

La metodología del análisis de concentraciones de elementos en suelos a lo largo del gradiente de urbanización *centro-periurbano* confirma un patrón de distribución y de enriquecimiento de **Pb**, **Fe** y **P** a lo largo del mismo. Hay diferencias significativas en el contenido de plomo de las tres áreas estudiadas. Hay enriquecimiento de **P** en los suelos del sector urbano con valores significativamente mayores que el periurbano. Los bajos valores de **Cr** y **Ni** son de una magnitud menor a los que se registran en ciudades europeas y en su presencia predominaría el origen geogénico.

Los valores medios de los elementos no son preocupantes, sin embargo hay valores extremos de **Fe**, **Pb** y **P** asociados al tránsito, al uso de combustibles y otras actividades generadas en el entorno urbano. La detección de valores máximos de **Pb** por encima de la normativa alerta de la necesidad de estudios detallados sobre potenciales riesgos, para lo cual sería necesario intensificar los muestreos en áreas de poco riesgo aparente como lo observado en este trabajo para el área barrial Floresta (U2). A similares conclusiones llegan Giuffré *et al.* (2005) en huertas del conurbano bonaerense y Ratto *et al.* (2006) en áreas urbanas de la Ciudad de Buenos Aires.

Podemos concluir que los altos valores de **Cr** y **Pb** en el barrio de Floresta, podrían deberse a la presencia de numerosos talleres mecánicos y de chapa y pintura del automóvil e imprentas que se encuentran en el área cuyos desechos son volcados a la vía pública y cuyas emisio-

nes afectan la calidad de aire. En el área céntrica la presencia de Pb estaría relacionada con el tránsito y otras actividades antropogénicas.

Las posibles fuentes de contaminación están más relacionadas con el tránsito vehicular que con las características de densidad poblacional que diferencia a las áreas estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento recibido a la SECYT-PICT 14039, 2004-2007.

BIBLIOGRAFÍA

- BACON, J.R. & I. J. HEWITT, 2005. Heavy metals deposited from the atmosphere on upland Scottish soils: Chemical and lead isotope studies of the association of metals with soil components. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69-1: 19-33.
- BIRKE, M. & U. RAUCH, 2000. Urban geochemistry: investigations in the Berlin metropolitan area. *Environmental Geochemistry and Health* 22: 223-248.
- D'ANGIOLA, A., 2005. *Emisión de monóxido de carbono de vehículos carreteros: Un inventario para el área metropolitana de Buenos Aires*. Tesis de Grado. Universidad de Flores. Ingeniería en Ecología. pp. 162.
- DAVIDSON, C., G. URQUHART, F. AJMONE-MARSAN, M. BIASIOLI, A. DA COSTA DUARTE, E. DIAZ-BARRIENTOS, H. GREMAN, I. HOSSACK, A. HURSTHOUSE, L. MADRID, S., RODRIGUES & M. ZUPAN, 2006. Fractionation of potentially toxic elements in urban soils from five European cities by means of a harmonised sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta* 565:63-72.
- DOICHINOVA, V., M. ZHIYANSHI & A. HURSTHOUSE, 2005. Impact of urbanization on soils characteristics. *Environ. Chem. Lett.* DOI 10.1071/s10311-005-0024-z.
- FUJIWARA, F., M. DOS SANTOS, J. MARRERO, G. POLLA, D. GÓMEZ, L. DAWIDOWSKI & P. SMICHOWSKI, *In Press*. Fractionation of eleven elements by chemical bonding from airborne particulate matter collected in an industrial city of Argentina. *Journal of Environmental Monitoring*.
- FIGUEIREDO, A.M.G., C.A. NOGUEIRA, M. SAIKIM, F.M. MILIAN & M. DOMINGOS, 2007. Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of Sao Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor. *Environmental Pollution* 145, 1: 279-292.
- JACKSON, M.L., 1976. *Análisis químico de suelos*. Ed. Omega. Barcelona.
- GIUFFRÉ L, R., S. RATTO & L. MARBÁN, 1999. Contaminación de un suelo urbano afectado por residuos sólidos. *Gerencia Ambiental* 37:529-531.

- GIUFFRÉ, L., RATTO, S., MARBÁN, L. & R. ROMANIUK, 2004. Estudio de caso: suelo urbano y su aptitud hortícola. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 22 www.uca.edu.ar
- GIUFFRÉ, L., S. RATTO, L. MARBÁN, J. SCHONWALD & R. ROMANIUK, 2005. Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *Ciencias del Suelo* 23:101-106
- HURSTHOUSE, A., D. TOGNARELLI, P. TUCKER, F. MARSAN, C. MARTINI, L. MADRID, F. MADRID & E. DÍAZ-BARRIENTOS, 2004. Metal content of surface soils in parks and allotments from three European cities: initial pilot study results. *Land Contamination & Reclamation* 12: 189-196.
- LORENZ, K. & E. KANDELER, 2005. Biochemical characterization of urban soil profiles from Stuttgart, Germany. *Soil Biology and Biochemistry*. 37:1373-1385.
- MADRID, L, E. DÍAZ BARRIENTOS & F. MADRID, 2002. Distribution of heavy metals contents of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere* 49: 1301-1308.
- MANTA, D., M. ANGELOTE, A. BELLANCA, R. NERI & M. SPROVIERI, 2002. Heavy metals in urban soils: a case study from Palermo (Sicily), Italy, *The Science of the Total Environment* 300: 229-243.
- 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.
- PAGE, A., R. MILLER & D. KEENEY (eds.), 1982. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Series* 9. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- PATERSON, E., M. SANKA & L. CLARK, 1996. Urban soils as pollutant links- A case study from Aberdeen, Scotland. *Applied Geochemistry* 11(1-2): 129-131.
- PICKETT, S. T. A., M.L. CADENASSO, J.M. GROVE, C.H. NILON, R. POUYAT, W.C. ZIPPERER & R. CONSTANZA, 2001. Urban ecological systems: Linking terrestrial, ecological, physical and socioeconomic components of Metropolitan Areas. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 32, p. 127-157.
- POUYAT, R.V. & M.J. MCDONNELL, 1991. Heavy metal accumulations in forest soils along an urban- rural gradient in Southeastern New York, USA. *Journal of Water, Air and Soil Pollution* 57-58: 797-807.
- POUYAT, R.V., P. GROFFMAN, I. YESILONIS & L. HERNÁNDEZ, 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* 116:107-118.
- POUYAT, R.V. & W.W. TURECHNEK, 2001. Short and long term effects of site environment on net N mineralization nitrification rates along an urban-rural gradient. *Urban Ecosystems* 5: 159-178.
- RATTO, S., M. GONZÁLEZ, L. MARBÁN. & L. GIUFFRÉ, 1999. Calidad de suelos antrópicos en espacios verdes urbanos. *Gerencia Ambiental* 38:36-40.

- RATTO, S., E. MARCECA, G. MOSCATELLI, D. ABBRUZESE, H. BARDI, M. BOSSI, P. BRES, G. CORDON, M. DI NANO, L. MURRINI, K. POTARSKY & F. WILLIAMS, 2004. Evaluación de la contaminación orgánica e inorgánica en un suelo aluvial de la costa del Riachuelo, Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral* 14: 179-190.
- RATTO, S., L. MARBÁN, M. GONZÁLEZ & L. GIUFFRÉ, 2006. Calidad de suelos en áreas urbanas de la ciudad de Buenos Aires. El caso del Parque Indoamericano. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA* 26-1: 39-46
- RUIZ-CORTÉS, E., R. REINOSO, E. DÍAZ-BARRIENTOS & L. MADRID, 2005. Concentrations of potentially toxic metals in urban soils of Seville: relationship with different land uses. *Environmental Geochemistry and Health*. 27: 465-474.
- STROGANOVA, M. N., A. MYAGKOVA & T. V. PROKOFEV, 1997. The role of soils in Urban Ecosystems. *Eurasian Soil Science* 30 (1):96-101.
- VÁZQUEZ, M.F., E. NOELLEMEYER, A. STRUFFOLINO, L. G. LÓPEZ CAMELO & L. A. BARBERIS, 1987. Métodos para la medición del fósforo extractable en suelos del norte y oeste de la pradera pampeana. Su evaluación biológica. *Ciencia del suelo* 5: 19-30.
- WHO, 2004. Manganese and its compounds: environmental aspects. *CICAD* 63. 37pp.
- ZHU, W. & M. M. CARREIRO, 2004. Temporal and spatial variations in nitrogen transformations in deciduous forest ecosystems along an urban-rural gradient. *Soil Biology and Biochemistry*. 36 (2): 267-278

Recibido: 09/2006

Aceptado: 12/2006