

2020, Volumen 5, Número 2: 529-535



Dossier

“Geoquímica y perspectiva ambiental de sistemas exógenos”

Editores invitados: Eleonora Carol & Carolina Tanjal

Biodisponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en suelos cercanos al margen del arroyo Morón, provincia de Buenos Aires

Erika O. Pacheco Rudz¹, Hernán Kucher¹, Silvana I. Torri¹ & Liliana M. Bertini²

¹Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. eripacheco@agro.uba.ar; hkucher@agro.uba.ar; hkucher@agro.uba.ar

²Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina. liliana.bertini@ub.edu.ar



Biodisponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en suelos cercanos al margen del arroyo Morón, provincia de Buenos Aires

Erika O. Pacheco Rudz¹, Hernán Kucher¹, Silvana I. Torri¹ & Liliana M. Bertini²

¹ Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. eripacheco@agro.uba.ar; hkucher@agro.uba.ar; hkucher@agro.uba.ar
² Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina. liliana.bertini@ub.edu.ar

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue evaluar la biodisponibilidad de ciertos elementos potencialmente tóxicos (EPT) en los suelos alledaños en un tramo rectificado del arroyo Morón. Para ello se llevó a cabo un muestreo de la llanura de inundación del cauce y del dique artificial contiguo. Se realizó un fraccionamiento secuencial para los EPT (Cu, Zn, Cr, Ni, Cd y Pb) y se midió el pH y la conductividad eléctrica de las muestras. En ambos sitios, se observó que dichos elementos se encontraron mayormente asociados a la fracción unida a carbonatos por lo que su disponibilidad es baja. En la llanura de inundación se encontraron valores totales bajos de Cu y Zn, mientras que la concentración de Cd, Cr, Ni y Pb se incrementó, con respecto a las muestras del área del dique; atribuyendo estas diferencias a los cambios en la concentración de los EPT estudiados en el cuerpo de agua a partir de la rectificación del arroyo.

Palabras clave: *Fraccionamiento secuencial, EPT, Elemento traza, Rectificación de canal*

ABSTRACT. **Bioavailability of potentially toxic elements in soils near the banks of Morón creek, Buenos Aires Province.** The aim of this work was to evaluate the bioavailability of certain potentially toxic elements (PTE) in soils near a rectified section of Morón creek. Soil sampling of the floodplain of the river and the adjacent artificial dam was carried out. The potentially toxic elements (PTE) Cu, Zn, Cr, Ni, Cd and Pb were analyzed through a sequential fractionation scheme; additionally, pH and electrical conductivity (EC) of the samples were measured. At both sites, the analyzed elements were mostly associated to the carbonate-bound fraction, indicating low availability. In the floodplain, we found low total values of Cu and Zn, while the concentrations of Cd, Cr, Ni, and Pb were higher with respect to the samples from the dam area. These differences were attributed to changes in the concentration of PTE in the water body stemming from the rectification of the stream.

Key words: *Sequential Extraction, PTE, Trace element, Stream rectification*

RESUMO. Biodisponibilidade de elementos potencialmente tóxicos em solos próximos à margem do arroio Morón, Província de Buenos Aires. O objetivo deste trabalho foi avaliar a biodisponibilidade de certos elementos potencialmente tóxicos (EPT) nos solos próximos a uma seção retificada do arroio Morón. Para isso, foi realizada uma amostragem da planície de inundação do canal e do dique artificial adjacente. Foi realizado um fracionamento seqüencial para os EPT (Cu, Zn, Cr, Ni, Cd e Pb) e foram medidos o pH e a condutividade elétrica das amostras. Nos dois locais, observou-se que esses elementos estavam principalmente associados à fração unida a carbonatos, motivo pelo qual sua disponibilidade é baixa. Na planície de inundação foram encontrados baixos valores totais de Cu e Zn, enquanto as concentrações de Cd, Cr, Ni e Pb aumentaram em relação às amostras da área do dique, atribuindo estas diferenças às mudanças na concentração dos EPT estudados no corpo d'água a partir da retificação do arroio.

Palavras-chave: *Fracionamento seqüencial, EPT, Elemento traço, Retificação de canal*

Introducción

La creciente expansión demográfica de las zonas urbanas trae aparejado una serie de problemáticas sociales, ambientales y sanitarias. Entre ellas, el aumento de la superficie impermeabilizada, producto de los nuevos asentamientos, genera menos infiltración del agua de lluvia. Esto incrementa el escurrimiento superficial hacia los cursos de agua cercanos, aumentando su caudal. En el caso del arroyo Morón (Fig. 1A y B), los desbordes continuos llevaron a la rectificación, ensanche y limpieza en sus 14 km de extensión y a la construcción de cinco puentes, obras concluidas en 1929 (Municipio de Morón, 2017). En la década del '90 el arroyo fue rectificado nuevamente (Fig. 1C), lo que implicó grandes movimientos de tierra y sedimentos, e incluso la introducción de suelos de relleno en sus márgenes y el establecimiento de algunos diques artificiales, modificando el ambiente de la ribera.

El arroyo Morón, cuyo curso de agua recorre el oeste del Gran Buenos Aires presenta un alto grado de contaminación orgánica e inorgánica ocasionada por la descarga de efluentes industriales y domiciliarios. Aunque en la actualidad el arroyo es de bajo caudal, tiene una gran importancia, no sólo por recorrer un área de elevada concentración urbana e industrial, sino también por ser responsable de gran parte de la contaminación del río Reconquista en el cual desemboca (de Cabo *et al.*, 2000; Kuczynski, 2007).

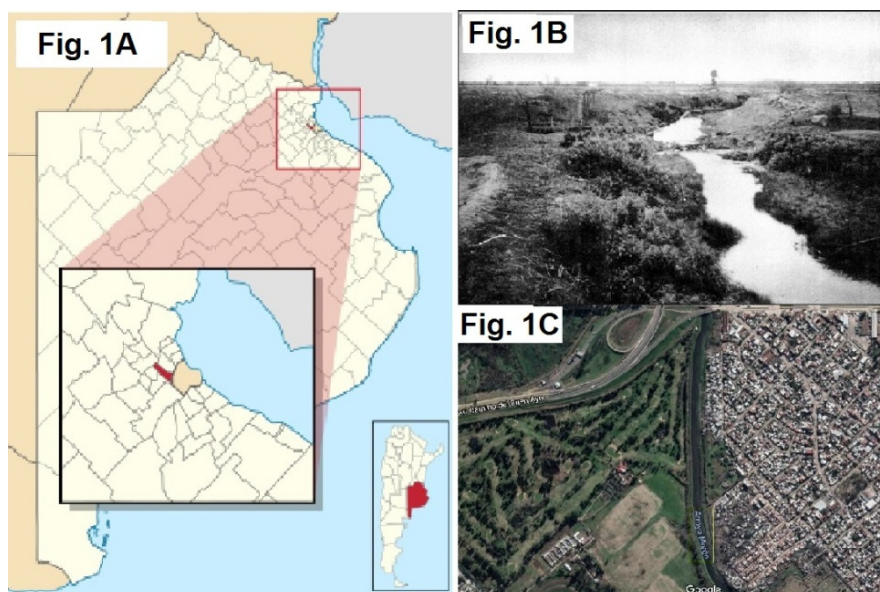


Figura 1. Ubicación del área de estudio (A). Fotografía del arroyo Morón antes de la rectificación (B). Fuente: Municipio de Morón. Imagen satelital de un tramo del arroyo Morón en la actualidad (C) (Google Maps).

Los elementos potencialmente tóxicos (EPT), están presentes en relativamente bajas concentraciones (mg/kg) en la corteza terrestre, los suelos y las plantas (Galán Huertos & Romero Baena, 2008). La contaminación del suelo por EPT está fundamentalmente relacionada con diferentes tipos de actividades humanas. Una vez incorporados al suelo, los EPT se redistribuyen entre las distintas fracciones edáficas (Mendoza Magaña *et al.*, 2017). En el caso del arroyo Morón, los EPT disueltos en el curso de agua (Kuczynski, 2007) se pueden trasladar a los suelos de la llanura de inundación, provocando su degradación química, afectando no sólo el funcionamiento del ecosistema, sino también la salud y la calidad de vida de las personas (Ratto *et al.*, 2004).

Frente a la pérdida de servicios ecosistémicos del área correspondiente a la ribera del arroyo Morón (Garay, 2007), la restauración ecológica mediante la implantación de especies autóctonas resulta una alternativa atractiva. Sin embargo, ésta podría verse limitada por la contaminación inorgánica de los suelos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar una primera aproximación a las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos de los suelos aledaños del arroyo Morón y su disponibilidad para las plantas según su distribución en las diferentes fracciones edáficas.

Materiales y métodos

Se realizó un muestreo de suelos en la ribera del arroyo Morón, Partido de Tres de Febrero, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34°34'4.79"S 58°37'36.42"O) (Fig.1A). El clima de la región es templado húmedo, con una precipitación anual media entre los 1000 y 1100 mm (Bilenca & Miñarro, 2004). Por el grado de antropización del área, los suelos del área estudiada no pueden ser clasificados según la taxonomía tradicional. Con una pala de acero inoxidable, se tomaron muestras compuestas (constituidas por 3 submuestras) por triplicado del horizonte superficial (hasta una profundidad de 20 cm) en dos sectores: la llanura de inundación (L.I.) y el dique artificial (D) (Fig.2). Todas las muestras se secaron al aire, se tamizaron (<2mm) y homogeneizaron en el laboratorio.

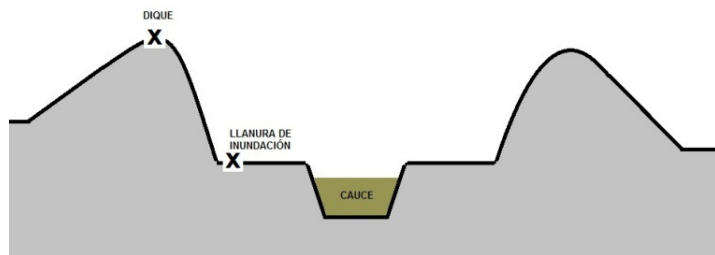


Figura 2. Esquema transversal del cauce del arroyo Morón. En la figura se observa la posición de los sitios de muestreo (X) con respecto al cauce del río.

Sobre las muestras de suelo se realizó una extracción secuencial de acuerdo a la metodología propuesta por McGrath & Cegarra (1992). Las concentraciones de seis EPT (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn) en las muestras de suelo se midieron mediante espectroscopia de absorción atómica con llama. Las determinaciones se realizaron en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA).

Para el fraccionamiento secuencial, se utilizaron tubos Falcon de 50 cm³ de polipropileno para minimizar pérdidas tal como se describe en el trabajo de Torri & Lavado (2008). Se obtuvieron extractos de las siguientes fracciones:

i. INT: fracción soluble e intercambiable: las muestras se agitaron con 30 cm³ de CaCl₂ 0,1M por 16 hs en agitador de vaivén a temperatura ambiente. El tubo junto con su contenido se pesó y centrifugó a 4600 g por 30 minutos. Finalmente se filtró el sobrenadante utilizando papel de filtro Whatman N° 42.

ii. MO: fracción unida a materia orgánica: el residuo del paso anterior se extrajo con 30 cm³ de NaOH 0,5M por 16 hs, se centrifugó, filtró y pesó como se describió en "i".

iii. INOR: fracción unida a carbonatos: el residuo remanente de la fracción anterior se extrajo con 30 cm³ de Na₂EDTA 0,05 M por 1 hora, se centrifugó, filtró y pesó como se describió en “i”.

Por otra parte, se determinó pH y conductividad eléctrica (Page, 1982) en extractos obtenidos con una relación suelo:agua 1:2,5.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis de EPT en las diferentes fracciones del suelo de ambos sitios muestreados. Se observa que la proporción de los elementos analizados en la fracción soluble e intercambiable fue muy baja; estando la concentración de Cu, Cr y Ni, en ambos suelos, por debajo del límite de cuantificación.

Al analizar la fracción unida a la materia orgánica, el Cu presentó mayores valores con respecto a la fracción intercambiable para las muestras de ambos sectores estudiados. El resto de los elementos se encontraron principalmente en la fracción unida a carbonatos, en la cual las concentraciones de Cu y Zn presentaron menores valores en el área de la llanura de inundación con respecto al área del dique artificial. Por el contrario, la concentración de Cr, Ni, Cd y Pb fue mayor en la llanura de inundación comparada con la del dique.

Tabla 1. Valores medios de concentración de elementos potencialmente tóxicos (EPT) (mg kg⁻¹ materia seca) en muestras de suelo de la Llanura de Inundación (L.I.) y el Dique Artificial (D) de la ribera del Arroyo Morón. INT: fracción soluble e intercambiable. MO: fracción unida a materia orgánica. INOR: fracción unida a carbonatos.

	Elemento	L.I.	D
	Cd	0,26	0,17
INT	Cu	< LOQ *	< LOQ *
	Cr	< LOQ *	< LOQ *
	Ni	< LOQ *	< LOQ *
	Pb	0,18	0,04
	Zn	2,39	8,52
	MO	Cd	0,09
Cu		58,18	65,58
Cr		7,01	0,68
Ni		1,41	< LOQ *
Pb		1,70	0,47
Zn		14,75	21,60
INOR	Cd	0,87	0,43
	Cu	38,66	63,88
	Cr	22,25	10,53
	Ni	4,70	1,46
	Pb	60,48	48,65
	Zn	191,92	351,24

Referencia. *Valores por debajo del límite de cuantificación

Los valores medios de conductividad eléctrica obtenidos para las muestras tomadas en la llanura de inundación y el dique fueron de 1,43 mS/cm y 0,47 mS/cm, respectivamente. Los valores de pH medidos fueron de 7,42 para la llanura de inundación y 7,26 para el dique.

Discusión

En las grandes urbes, los márgenes rectificadas de los arroyos han sufrido grandes perturbaciones antrópicas, por lo que los perfiles del suelo ya no son identificables (Jenny, 1980), lo cual se pudo verificar en el área estudiada del arroyo Morón. El suelo, además de sus funciones como soporte físico, tiene un rol fundamental en el mantenimiento de la calidad del aire, almacenamiento de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos, y como medio purificador de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos (García *et al.*, 2002). Algunas de estas funciones podrían estar afectadas por los disturbios de origen antrópico identificados en el sitio. En este marco, los niveles de EPT medidos se constituyen en un potencial limitante para restaurar sus funciones ecosistémicas e implican un riesgo sanitario que no se mitigará naturalmente en tanto que no se degradan, acumulándose en el suelo (Torri & Lavado, 2008).

Sobre las propiedades químicas medidas, no se observaron diferencias notables en el pH entre las áreas muestreadas. Por otra parte, la mayor conductividad eléctrica en la llanura de inundación respecto del dique artificial estaría indicando un aporte de sales por parte del cauce.

Respecto a los EPT, de todos los metales medidos, el Cd, el Zn y el Pb se encontraron en elevadas concentraciones respecto a valores de referencia. Según Kabata-Pendias (2011), el contenido promedio de Cd en los suelos a nivel mundial se encuentra entre 0,2 y 1,1 mg kg⁻¹. La suma de las tres fracciones en la llanura de inundación analizadas en este trabajo fue de 1,23 mg/kg, casi el doble de los valores reportados por Lavado y Porcelli (2000) en Argiudoles de la región pampeana, reflejando un impacto antropogénico. Por otro lado, a nivel mundial, los niveles en suelos para Zn se encuentran entre 60 y 89 mg/kg y para el Pb 27 mg/kg en promedio (Kabata-Pendias, 2011); valores superados ampliamente en la fracción unida a carbonatos en ambos sitios de muestreo.

La cantidad de un EPT ligada a la fracción orgánica de un suelo depende de las características propias del elemento (García *et al.*, 2002). En cuanto al Cu, se observó que este se encuentra principalmente asociado a esta fracción en los dos sitios muestreados, lo cual es coherente con el trabajo de Basta *et al.* (2005), según el cual el Cu forma complejos fuertemente enlazados con la MO. El resto de los elementos se encontraron principalmente en la fracción unida a carbonatos.

Dado que se observó que la concentración de los EPT estudiados en los suelos de L.I. y de D está asociada fundamentalmente a las fracciones MO e INOR, se puede decir que el riesgo de movilidad y susceptibilidad de ser absorbidos por las plantas –es decir su biodisponibilidad– son bajos. En relación a esto, debe destacarse que, aunque la concentración total de metales pesados es un buen indicador de la contaminación del suelo, la toxicidad potencial está más relacionada con su biodisponibilidad y especiación (Lu *et al.*, 2015; Meng *et al.*, 2017). Sin embargo, los EPT de estas fracciones (MO e INOR) pueden solubilizarse y pasar a formas de mayor biodisponibilidad, lo que dependerá de los equilibrios químicos que ocurren en el suelo. Estos equilibrios están asociados a las condiciones físico-químicas del suelo, que a su vez están afectadas por factores ambientales (Torri & Lavado, 2009).

El hecho de que las concentraciones de Cr, Ni, Cd y Pb en la fracción orgánica fue mayor en L.I. comparada con las de D sugiere que la concentración de estos elementos aumentó en las aguas del arroyo Morón desde su rectificación, enriqueciendo a los suelos que son afectados ante las crecidas. Por otro lado, la rectificación del arroyo removió la capa superficial del suelo de la llanura, con mayor concentración de Cu y Zn, por lo que la menor concentración de Cu y Zn en todas las fracciones estudiadas en L.I respecto de D podría explicarse por su baja movilidad en el perfil del suelo (Wang *et al.*, 2014) y un menor aporte desde las aguas del arroyo (Camilión *et al.*, 1996).

Conclusiones

La mayor proporción de los EPT analizados se encontraron en formas inorgánicas, de baja biodisponibilidad. Por lo tanto, la implantación de especies vegetales con el fin de propulsar una restauración ecológica en el área resultaría potencialmente viable. Sin embargo, sería preciso efectuar ensayos con especies vegetales para evaluar la factibilidad de su adecuado crecimiento.

Se observó una diferencia en la concentración de EPT entre las muestras de suelo de la llanura de inundación y del dique, aunque esta depende de la fracción estudiada. La actual concentración de EPT en el dique podría indicar que los sedimentos del arroyo, removidos y utilizados para su construcción en los años '90, ya se encontraban contaminados. Por otro lado, la llanura de inundación está sujeta a las periódicas crecidas del arroyo, las cuales determinan el actual contenido de EPT.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto UBACyT 20020170100267BA, GEF UBA. Los autores agradecen las sugerencias de los revisores anónimos que contribuyeron a la mejora del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Basta, N.T., Ryan, J.A. & Chaney, R.L. (2005) "Trace element chemistry in residual-treated soil: Key concepts and metal bioavailability". *J. Environ. Qual.* 34, pp. 49-63.
- Bilencia, D. & Miñarro, F. (2004) *Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil*. FVSA, Buenos Aires.
- Camilión, M., Hurtado, M., Roca, A. & da Silva, M. (1996) "Niveles de Cu, Pb y Zn en Molisoles, Alfisoles y Vertisoles platenses, Pcia de Buenos Aires, Argentina". *XIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, published in CD-ROM, Aguas de Lindoia
- de Cabo, L., Arreghini, S., Fabrizio, A., Rendina, A., Bargiela, M., Vella, R. & Bonetto, C. (2000) "Impact of the Morón stream on water quality of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina)". *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Nueva serie* 2(2), pp. 123-130.
- Galán Huertos, E. & Romero Baena, A. (2008) "Contaminación de suelos por metales pesados". *Revista de la sociedad española de mineralogía. Macla* 10, pp. 48-60.
- Garay, A. (2007) *Lineamientos estratégicos para el área metropolitana de Buenos Aires*. Subsecretaría de urbanismo y vivienda de la provincia de Buenos Aires.
- García, C., Moreno, J.L., Hernández, M.T. & Polo, A. (2002) "Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo". *Ciencia y Medio Ambiente*, pp. 125- 138. <https://digital.csic.es/handle/10261/111812>.
- Jenny, H. (1980) *The soil resources*. Springer-Verlag. New York.
- Kabata-Pendias, A. (2011) *Trace elements in soils and plants*. 4th ed. CRC Press. USA.
- Kuczynski, D. (2007) "Contribución al conocimiento del arroyo Morón (Argentina): aspectos físicos y químicos". *Revista en Ciencias Empresariales y Ambientales* 4, pp. 209-227.
- Lavado, R.S. & Porcelli, C.A. (2000) "Contents and main fractions of trace elements in Typic Argiudolls of the Argentinaen Pampas". *Chemical Speciation and Bioavailability* 12(2), pp. 67-70.
- Lu, S., Teng, Y., Wang, Y., Wu, J. & Wang, J. (2015) "Research on the ecological risk of heavy metals in the soil around a Pb-Zn mine in the Huize County, China". *Chinese Journal of Geochemistry* 34(4), pp. 540-549.
- McGrath, S.P. & Cegarra, J. (1992) "Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage sludge to soil". *Journal of Soil Science* 43(2), pp. 313-321.
- Mendoza Magaña, L.M., Rivas, J.R. & Villalobos Alfaro, K.L., (2017) "Determinación de metales pesados cadmio, níquel, plomo y zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate, El Salvador". Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Meng, J., Wang, L., Zhong, L., Liu, X., Brookes, P. C., Xu, J. & Chen, H. (2017) "Contrasting effects of composting and pyrolysis on bioavailability and speciation of Cu and Zn in pig manure". *Chemosphere* 180, pp. 93-99.

Municipio de Morón (2017) *Síntesis Histórica del Partido de Morón*. Instituto y Archivo Historico.

Page, A.L. (1982) *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. 2° ed. (Part 2), in the series Agronomy*. American Society of Agronomy, Inc. SSSA, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.

Ratto, S., Marceca, E., Moscatelli, G., Abbruzese, D., Bardi, H., Bossi, M., Bres, P., Córdón, G., Di Nano, M.P., Murrini, L., Potarsky, K. & Williams, F. (2004) "Evaluación de la contaminación orgánica e inorgánica en un suelo aluvial de la costa del Riachuelo, Buenos Aires, Argentina". *Ecología austral*, 14(2), pp. 179-190.

Torri, S.I. & Lavado, R. (2008) "Dynamics of Cd, Cu and Pb added to soil through different kinds of sewage sludge". *Waste Management* (Elsevier, Amsterdam, The Netherlands), 28, pp. 821-832.

Torri, S.I. & Lavado, R.S. (2009) "Plant absorption of trace elements in sludge amended soils and correlation with soil chemical speciation". *Journal of Hazardous Materials* 166, pp.1469-1465.

Wang, L., Lu, X., Li, L., Ren, C., Luo, D. & Chen, J. (2014) "Content, speciation and pollution assessment of Cu, Pb and Zn in soil around the lead-zinc smelting plant of Baoji, NW China". *Environ Earth Sci*. DOI 10.1007/s12665-014-3777-5.