



ESTUDIO MAGNÉTICO Y GEOQUÍMICO DE LODOS LIXIVIADOS DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS URBANOS

R. Cejudo^{1*}, I. Israde², C. Delgado², A. Goguichaisvili¹, P. Quintana³, J. Cortés⁴, J. Morales¹, F. Bautista⁴

¹ Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, LUGA-UNAM, Morelia, México.

² Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

³ Cinvestav unidad Mérida, IPN, Mérida, México.

⁴ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, CIGA-UNAM, Morelia, México

* e-mail: ruben@geofisica.unam.mx

ABSTRACT

The generation of urban waste exceeded the ability to properly handle it so that probably exists a mixture that can generate a leachate with high concentration of toxic elements that are dangerous for the environment. The purpose of this study was to determine if the magnetic parameters are capable of correlating the concentration of potentially toxic elements in mud flow of leachate in order to serve as a proxy method to studies in landfill sites. Samples of mud flow of leachate in 6 sites of landfill of state of Michoacán and Guanajuato were collected. Measurements were performed of magnetic susceptibility (κ) to low frequency (0.46 kHz) and isothermal remanent magnetization to 700 mT (SIRM). The concentration of Cr, Cu, Ni, Pb, V and Zn were determinate by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry (EDXRF). It was found a relation between SIRM with values of concentration of Cr (CC of 0.70 and p-value < 0.05), c_{if} with V (CC of 0.63 and p-value < 0.05) and c_{if} with Cu (CC of -0.75 and p-value < 0.05). It was concluded that the magnetic parameters can be used as a proxy to determine the concentration of toxic elements in mud flow of leachate of landfill sites.

Keywords: Mud flow, Potentially toxic elements, Monitoring

RESUMEN

La generación de una gran cantidad y diversidad de residuos por los centros urbanos hace difícil su manejo adecuado. En los sitios de disposición final, los materiales y fluidos se mezclan produciendo lixiviados altamente tóxicos peligrosos para el ambiente. El propósito de este estudio fue determinar si los parámetros magnéticos pueden correlacionarse con las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos que se encuentran en lodos lixiviados con la finalidad de que sirvan como un método proxy para estudios que se realizan en sitios de confinamiento de disposición final. Se recolectaron muestras de lodo lixiviado en seis sitios de disposición final de residuos en los estados de Michoacán y Guanajuato. Se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética (κ) a baja frecuencia (0.46 kHz) y magnetización remanente isoterma a 700 mT (MRIS). Las concentraciones de Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn fueron determinadas por espectrometría de fluorescencia de rayos X por energía dispersa (FRX-ED). Se encontró una relación entre MRIS con valores de contracción de Cr (CC de 0.70 y valor p < 0.05) y c_{if} con V (CC de 0.63 y valor p < 0.05). Se concluyó que los parámetros magnéticos pueden ser utilizados como proxy para determinar la contracción de elementos tóxicos en lodos lixiviados de sitios de confinamiento de disposición final de residuos urbanos.

Palabras Clave: Lodos, Elementos potencialmente tóxicos, Monitoreo

Introducción

Los centros urbanos generan continuamente diferentes tipos de residuos, algunos de bajo impacto ambiental



y otros altamente contaminantes (SEMARNAT, 2014). Los residuos en los centros urbanos generalmente son recolectados, clasificados y enviados a diferentes sitios de almacenamiento con la finalidad de reducir su impacto ambiental (SEMARNAT 2013). En las ciudades, el volumen de los desechos es muy grande, lo que hace difícil su manejo adecuado (Israde et al., 2009). Uno de los riesgos que se genera en los sitios de confinamiento, es cuando los fluidos se percolan a través de los desechos y forman lixiviados, los cuales, pueden transportar elementos tóxicos y sustancias peligrosas a los cuerpo de agua a través de la escorrentía o infiltración (Buenrostro, Israde, 2003; Sánchez *et al.*, 2008). Los lixiviados tienen un grado de toxicidad que depende del lugar donde se generen y de la antigüedad de los desechos que estén en los sitios de confinamiento (Buenrostro, Israde, 2003; Rivera *et al.*, 2013; SEMARNAT, 2013b, 2014, 2015). Actualmente, los estudios de lixiviados en México buscan determinar el contenido de varias sustancias tóxicas y ciertos elementos tóxicos (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Pb y Zn) por medio de técnicas convencionales, las cuales son costosas y requieren de tiempo para elaborarse. Hay algunos estudios, que emplean bioindicadores para determinar la toxicidad de lixiviados (Rivera *et al.*, 2013), pero no existen trabajos que empleen el uso de parámetros magnéticos como un indicador proxy. El propósito de este estudio fue determinar si los parámetros magnéticos pueden correlacionarse con las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos que se encuentran en lodos lixiviados con la finalidad de que sirvan como un método proxy para estudios en sitios de disposición final de residuos urbanos.

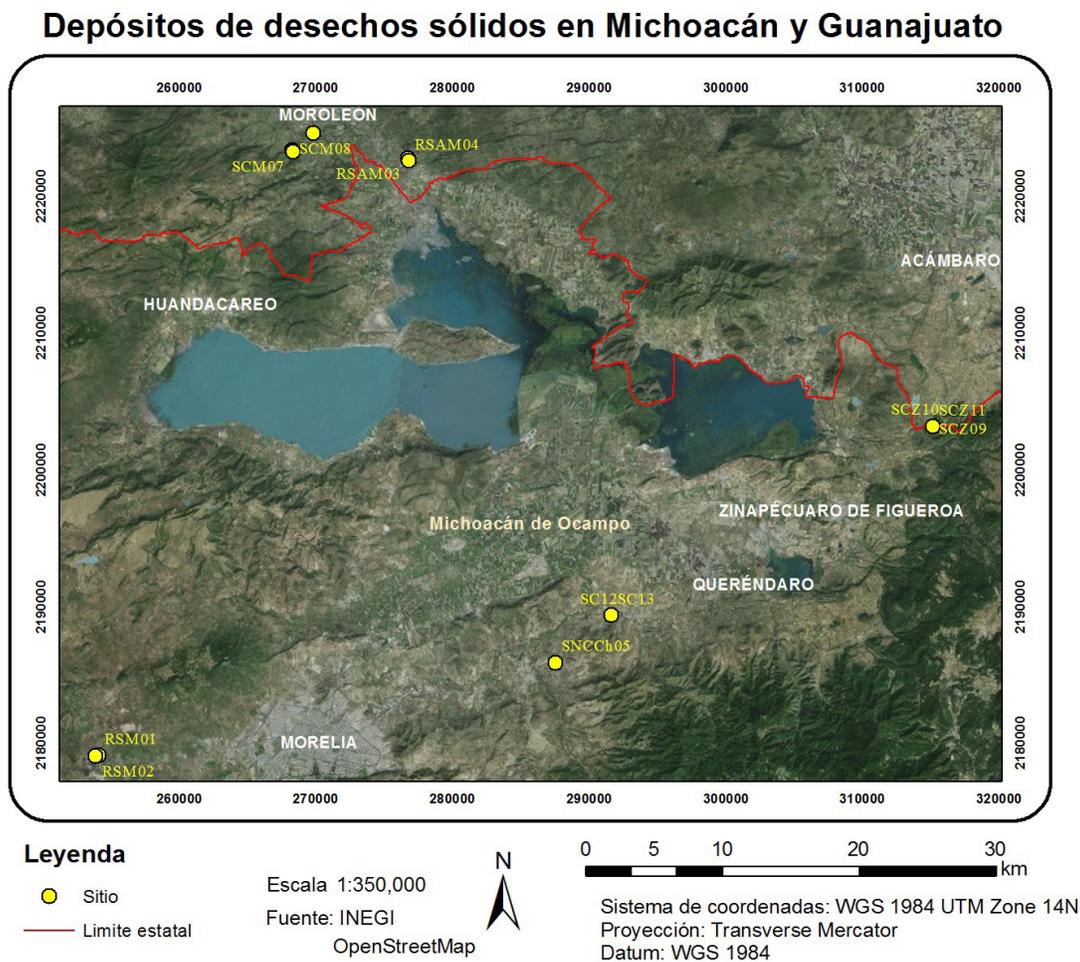


Figura 1. Sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos en Michoacán y Guanajuato.



Metodología

Se realizó un levantamiento de dos muestras de lodo cerca de la escorrentía del flujo de lixiviado en seis sitios de disposición final de residuos en los estados de Michoacán de Ocampo y Guanajuato. Una muestra de suelo fue colectada como muestra control; para ello se seleccionó un sitio lejos de cualquier actividad antrópica (Fig. 1). Una muestra de lodo lixiviado está constituida por 30 g de material, el cual fue recolectado por medio de una pala de plástico y colocada dentro en un frasco de plástico con tapa; la muestra se almacenó a una temperatura de 4 °C para evitar cambios químicos. En el laboratorio, con la finalidad de separar los fragmentos de roca de tamaños mayores a 2 mm, la muestra de lodo fue presionada manualmente; posteriormente, fue colocada en una caja de acrílico de 8 cm³ ideal para realizar mediciones magnéticas. Una fracción de 8.0 g de muestra fue separada para realizar los análisis químicos por fluorescencia de rayos X.

Se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética (κ) a baja frecuencia (0.46 kHz) en un equipo Bartington con sensor dual MS2B. Con los valores obtenidos se calculó el parámetro de susceptibilidad masa específica ($c_{lf}=\kappa/\rho$, donde ρ es la densidad de la muestra). Se obtuvieron las curvas de magnetización remanente isothermal, por medio de la aplicación de pulsos magnéticos unidireccionales crecientes a temperatura ambiente por medio de un magnetizador de pulsos IM-10-30 marca ASC Scientific. Las mediciones de magnetización remanente fueron obtenidas por medio de un magnetómetro de giro Molspin. El valor de la magnetización remanente isothermal a 700 mT se consideró en este trabajo como el valor de la magnetización remanente isothermal de saturación (MRIS). Las concentraciones de los elementos Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn fueron determinadas con un espectrómetro de fluorescencia de rayos X por energía dispersa (FRX-ED) marca Xenometrix. Para ello, la muestra fue secada a la sombra en ausencia de luz por dos semanas a temperatura ambiente; posteriormente, se pulverizó el material con pistilo y mortero de ágata hasta obtener un tamaño aproximado de 2 μ m y, finalmente, se colocó 0.4 g de muestra en un dado de 0.5 mm de diámetro y se comprimió con una prensa manual a 2.7×10^7 Pa durante 2 min para obtener una pastilla de 1 cm de diámetro; a la muestra no se le agrega ningún tratamiento químico o aglutinante para su fabricación.

Resultados

Los valores magnéticos obtenidos en los lodos lixiviados fueron: valor promedio de c_{lf} de $1.5 \pm 1.3 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, su valor mínimo de $0.1 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ y valor máximo de $3.6 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$. El valor promedio de MRIS fue $10.9 \pm 13.8 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$, su valor mínimo de $0.4 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$ y máximo de $46.0 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$. Las concentraciones promedio de Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn obtenidas por fluorescencia de rayos X (Tabla 1) fueron: Cr de $49.4 \pm 36.4 \text{mg kg}^{-1}$, Cu de $30.5 \pm 56.1 \text{mg kg}^{-1}$, Ni de $15.4 \pm 10.0 \text{mg kg}^{-1}$, Pb de $38.2 \pm 18.6 \text{mg kg}^{-1}$, V de $67.2 \pm 36.4 \text{mg kg}^{-1}$ y Zn de $98.5 \pm 97.7 \text{mg kg}^{-1}$. Los valores promedios de concentración tuvieron un error relativo mayor al 50% que indicó una alta dispersión de valores y que puede atribuirse a la edad, tipo de desecho y cantidad de lixiviado que se genera en cada uno de los sitios de confinamiento. Para determinar la relación entre concentración de elementos tóxicos y parámetros magnéticos, se estableció un criterio estadístico a través del coeficiente de correlación ($|CC|>0.3$) y valor-p ($p<0.05$); de esta manera, las concentración de elementos potencialmente tóxicos con los parámetros magnéticos que satisficieron este criterio fueron: MRIS con Cr (CC de 0.70 y valor $p<0.05$) y c_{lf} con V (CC de 0.63 y valor $p<0.05$) (Tabla 2).

Conclusión

Este es el primer estudio que se realiza en México para comprobar la posibilidad de utilizar parámetros magnéticos para determinar concentraciones de elementos potencialmente tóxicos en lodos lixiviados. Al haberse encontrado una relación entre la concentración de Cr y V con los parámetros magnéticos de



Tabla 1. Resultados de parámetros magnéticos y concentraciones de elementos potencialmente tóxicos por fluorescencia de rayos X en lodos lixiviados de disposición final de residuos urbanos

Sitio	NOM-083	χ_{fr} $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$	SIRM $\text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$	Cr mg kg^{-1}	Cu mg kg^{-1}	Ni mg kg^{-1}	Pb mg kg^{-1}	V mg kg^{-1}	Zn mg kg^{-1}
RSM01	R ^a	0.13	1.5	44	152	35	40	32	344
RSM02	R	1.35	16.0	44	6	17	28	60	87
RSAM03	R	0.32	3.4	69	4	14	36	92	43
RSAM04	R	0.09	7.8	53	9	10	25	69	18
SNCC05	SNC ^b	2.74	46.0	162	159	18	88	77	274
RiM06	SNC	0.39	4.6	41	36	10	27	30	86
SCM07	SC ^c	3.61	6.7	57	5	33	35	120	112
SCM08	SC	3.19	20.9	37	6	6	28	108	58
SCZ09	SC	2.36	2.3	29	2	21	58	115	67
SCZ10	SC	2.33	2.3	25	7	20	55	93	70
SCZ11	SC	2.76	29.6	29	3	5	27	29	39
SC12	S ^d	0.38	0.5	26	4	6	25	24	41
SC13	S	0.37	0.4	26	4	5	25	25	42

^a Relleno sanitario, ^b Sitio no controlado, ^c sitio controlado y ^d suelo control (SEMARNAT 2004).

Tabla 2. Correlación entre parámetros magnéticos y concentración de elementos potencialmente tóxicos en lodos lixiviados de disposición final de residuos urbanos

		Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
FRX-ED	χ_{fr}	0.20*	-0.07	0.19	0.40	0.63	0.02
		0.52*	0.82	0.53	0.18	0.02	0.94
	MRIS	0.70	0.41	-0.16	0.48	0.07	0.29
		0.01	0.16	0.60	0.10	0.82	0.34

* coeficiente de correlación ** valor P

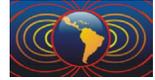
susceptibilidad y magnetización remanente para muestras de lodos lixiviados, se concluye que los parámetros magnéticos pueden ser usados como método proxy para determinar la concentración de ciertos elementos tóxicos en lodos lixiviados de los sitios de disposición final de residuos urbanos.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por CONACyT por medio del programa de Estancias Posdoctorales Vinculadas al Fortalecimiento de la Calidad 2014 (3).

Referencias

- Buenrostro O., Israde I., 2003. La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca de Cuitzeo, México. *Rev. Inter. Contam. Ambient.* 19 (4), 161-169.
- Israde I., Buenrostro O., Garduño V., Hernández V., Lopez E., 2009. Problemática geológico-ambiental de los tiraderos de la Cuenca de Cuitzeo, norte del estado de Michoacán. *Bol. Soc. Geol. Mex.* 61 (1), 203-211.



- Rivera E., Barba L., Torres P., 2013. Determinación de la toxicidad de lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos mediante indicadores biológicos. *Afinidad LXX*, 563, 183-188.
- Sánchez J., Velásquez J., Serrano M., Ramírez A., Balcazar A., Quintero R., 2008. Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario en Zinapécuaro, Michoacán, México. *Bol. Soc. Geol. Mex.* 61 (3), 305-324.
- SEMARNAT, 2015. Residuos sólidos y de manejo especial <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>.
- SEMARNAT, 2014. Curso Gestión integral de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>.
- SEMARNAT, 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales indicadores claves y desempeño ambiental 2012, SEMARNAT, México, Ciudad de México, 352 pp.
- SEMARNAT, 2013b. NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. SEMARNAT, México, Ciudad de México, 12-21.
- SEMARNAT, 2004. NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. 6-19.