PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y CONCENTRACIÓN DE Cd, Cu, Cr, Fe, Pb Y Zn EN POLVOS URBANOS CON DIFERENTES USOS DE SUELO

R. Cejudo[1]*, A. Goguichaisvili[1], J. Morales[1], F. Bautista[2], J. Palma[3], E. Hernandez[3]

[1] Instituto de Geofísica UNAM, Morelia, México.
[2] Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental UNAM, Morelia, México.
[3] Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Cárdenas, México.
*email: ruben@geofisca.unam.mx

ABSTRACT

We report a comprehensive investigation of the magnetic properties and concentration of Cd, Cu, Cr, Fe, Pb and Zn of urban dust (PU) for different urban land uses in Villahermosa, Tabasco, Mexico in order to determine if there is a correlation between the magnetic parameters and the concentration of heavy metals. The concentration of Cd, Cu, Cr, Fe, Pb and Zn was measured and several magnetic parameters were obtained for 82 urban dust samples. The results were classified by soil use. An analysis of variance showed that the land uses of green and residential areas presented values of isothermal remanent magnetization (IRM) values (<25.2 mAm2 kg-1); mass specific susceptibility (χ_{lf}) (<4.4 μm3 kg-1) and lower concentrations of Cr, Fe, and Zn compared to industrial and commercial land uses. We found both linear and nonlinear relationships between the magnetic parameters and heavy metals concentration depending of use of land.

Keywords: Heavy metal, magnetic parameters, linear regression, monitoring

RESUMEN

Reportamos las propiedades magnéticas y concentración de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn del polvo urbano (PU) de diferentes usos de suelo de una zona urbana (Villahermosa, Tabasco, México), con el fin de: encontrar un valor de referencia para parámetros magnéticos y concentración de elementos y determinar si hay una correlación entre los parámetros magnéticos con la concentración de metales pesados en PU, que permita establecer un *proxy* de monitoreo. Se midió la concentración de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn y se determinó diversos parámetros magnéticos en 82 muestras de PU, los resultados fueron clasificados por uso de suelo. Un análisis de varianza mostró que los usos de suelo de áreas verdes y habitacionales presentaron valores de magnetización remanente isotermal (MRI) (< 25.2 $mAm^2\ kg^{-1}$); susceptibilidad magnética másica (χ_{lf}) (< 4.4 $\mu m^3\ kg^{-1}$) y concentración de Cr, Fe y Zn más bajos en comparación con los usos de suelo industrial y comercial. Se encontraron relaciones lineales y no lineales entre parámetros magnéticos y la concentración de metales pesados.

Pabras Clave: Metales pesados, parámetros magnéticos, regresión lineal, monitoreo.

1. Introducción

El aumento de la población en los centros urbanos trae como consecuencia un incremento en la expansión del área urbana, la cual demanda mayores servicios urbanos y de transporte. En los últimos años, se ha puesto un especial interés en la evaluación y monitoreo de la calidad del ambiente en las zonas urbanas. El aumento del tráfico vehicular trae consigo problemas de calidad del aire, debido a las emisión de partículas que contienen diversos tipos de contaminantes, tales como: metales pesados (Cr, Cu, Pb, Zn, entre otros) y sustancias tóxicas en forma de aerosol, lo cual representan un riesgo para la salud humana si son inhaladas, ingeridas o se tiene contacto con ellas (SEMARNAT, 2005; Aguilar *et al*., 2013; SEDEMA, 2015).

La evaluación o diagnóstico de metales pesados en ciudades requiere de conocer los valores de referencia de concentración, con el valor de referencia se pude obtener un sistema de monitoreo más confiable, sin embargo, en muchas de las ciudades el valor de referencia no existe. Una alternativa para determinar la concentración de referencia, es el uso de materiales provenientes de sitios que presentan poca actividad antrópica como son reservas o áreas verdes. La instalación de redes de monitoreo para determinar la concentración de metales pesados son costosas y requieren de calibración con el valor de referencia, una alternativa de bajo costo para el monitoreo de metales pesados en material partículado es el uso de técnicas *proxy,* como son los parámetros magnéticos que permiten inferir la concentración de ciertos metales pesados (Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V y Zn), sin embargo, estos métodos de monitoreo deben de ser calibrados con el área de estudio (Morton *et al*., 2009; Aguilar *et al*., 2011, 2013; Cejudo *et al*., 2014). El objetivo del trabajo fue: analizar las propiedades magnéticas y concentración de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn en polvo urbano (PU) de diferentes usos de suelo de una zona urbana con clima húmedo (Villahermosa, Tabasco, México), con el fin de, encontrar un valor de referencia para parámetros magnéticos y concentración de elementos; determinar si hay una correlación entre los parámetros magnéticos de susceptibilidad magnética especifica (χ_{lf}) y magnetización remanente isotermal medida a 700 mT (MRI_{700}) y la concentración de metales pesados en PU de zonas urbanas, que permita establecer un *proxy* de monitoreo.

2. Metodología

El área de estudio fue la zona urbana de la ciudad de Villahermosa ubicada en X = 501000 a 511950 m e Y = 1986288 a 1996470 m del proyección cartográfica UTM WGS84, zona 15 y una altitud entre 10 a 20 m sobre el nivel del mar. El área se encuentra en la llanura y pantanos en Costera del Golfo de México con rocas sedimentarias (arenisca y lutita-arenisca) y suelos dominantes del tipo gleysol y cambisol; su clima es cálido húmedo y temperatura de 24° a 28° C; una precipitación anual de 1500 a 3000 mm (INEGI, 2016).

Se recolectaron 82 muestras de PU de la zona urbana en marzo de 2013, el material fue colectado con una brocha y recogedor de plástico de un metro cuadrado debajo de la banqueta, el material se colocó dentro de una bolsa de polipropileno con cierre. En el laboratorio, la muestra se tamizó en malla n° 10 (2 mm) y se colocó dentro de un cubos de acrílicos de 8 cm^3 ideal para hacer mediciones magnéticas. Todas las muestras fueron georreferenciadas con un GPS en el sistema de proyección UTM WGS84. Las mediciones de susceptibilidad magnéticas (κ_{lf}) fueron hechas a baja frecuencia (0.46 kHz) y a alta frecuencia (4.6 kHz) con un medidor de susceptibilidad Bartington MS3 con sensor dual MS2B. Se determinó el parámetro de susceptibilidad magnética especifica a baja frecuencia ($\chi_{lf} = \kappa/\rho$, ρ es la densidad del material en $m^3\ kg^{-1}$) y el porcentaje de la susceptibilidad dependiente de la frecuencia ($\chi_{fd}\% = ((\kappa_{lf}-\kappa_{hf})/\kappa_{lf})*100$). Se adquirieron curvas de magnetización remanente a temperatura ambiente (Magnetización Remanente Isotermal MRI) con un campo magnético creciente y unidireccional hasta 700 mT con un magnetizador de pulsos IM 10-30 ASC Scientific, las mediciones de magnetización remanente se hicieron con un magnetómetro de giro Minispin ASC Scientific. Se obtuvo el valor de MRI_{700} y se determinó el cociente S_{-200} ($S_{-200} = MRI_{-200}/MRI_{700}$) para identificar la proporción relativa de los materiales magnéticamente de baja coercitividad (MMBC) o ferrimagnéticos, y minerales magnéticos de alta coercitividad (MMAC) o antiferromagnéticos en la muestra de PU. Las muestras con valores de S_{-200} entre 0.7 a 1.0 tiene una proporción mayor de MMB; y si el valor de S_{-200} está entre 0.0 y 0.7, las muestras tienen MMAC. La medición de la concentración total de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn se hizo con la técnica de absorción atómica.

El análisis de regresión lineal y no lineal fue hecho con el software Statgraphics. Las muestras se clasificaron por usos de suelo en: Aéreas verdes (VER); Comercio (COM); Equipamiento (EQU); Habitacional (HAB) e Industrial (IND).

3. Resultados

Los resultados de las mediciones magnéticas y concentración de los elementos fueron clasificados por el tipo de usos de suelo.

3.1. Resultados magnéticos

Los resultados de los PU fueron: χ con valores entre 3.3 a 6.2 $\mu m^3 kg^{-1}$ (Fig. 1); MRI_{700} con valores entre 14.3 a 42.3 $mAm^2 kg^{-1}$; χ_{fd}% mostró valores < 2.0, que indica la ausencia de granos superparamagnéticos (SP). Las curvas de MRI presentaron una saturación en campos magnéticos de 300 mT, que indica la presencia de minerales de baja coercitividad magnética. Todos los PU mostraron cociente S_{-200} con valores > 0.7, que indica la presencia de MMBC o ferrimagnéticos. El valor más bajo de MRI_{700} (14.3 $mAm^2 kg^{-1}$) fue exhibido en el uso de suelo de áreas verdes (VER), mientras que, el uso de suelo mixto (MIX) presentó el valor más alto (42.3 $mAm^2 kg^{-1}$) (Fig. 2). La mayor concentración de minerales magnéticos de baja coercitividad presentó en usos de suelo con actividad antrópica intensa (Comercial, Mixto e Industrial), mientras que, la concentraciones más bajas de minerales magnéticos de baja coercitividad se presenta en uso de suelo de áreas verdes, de tal manera que la actividad antrópica influye en la concentración de material magnético de baja coercitividad en el PU de Villahermosa (Fig. 2).

3.2. Resultados químicos

El PU de Villahermosa mostró concentración de: Cr entre 20 a 72 mg kg^{-1}; Cd entre 1.1 a 2.1 mg kg^{-1}; Cu entre 6 a 73 mg kg^{-1}; Fe entre 7201 a 17082 mg kg^{-1}; Pb entre 22 a 171 mg kg^{-1} y Zn entre 50 a 671 mg kg^{-1}. Los incrementos de Cr, Pb y Zn en la naturaleza se atribuyen a la contaminación antrópica, en este caso, los polvos urbanos de uso de suelo comercial y mixto contiene altas concentraciones, mientras que, el uso de suelo de área verde presentó concentraciones bajas de estos elemento (Fig. 3).

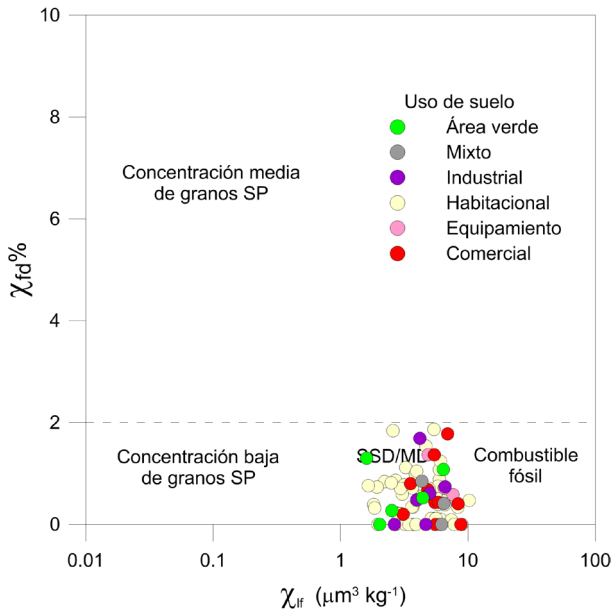

Figura 1 Gráfica de χ_{lf} vs χ_{fd}% de polvo urbano de Villahermosa, Tabasco.

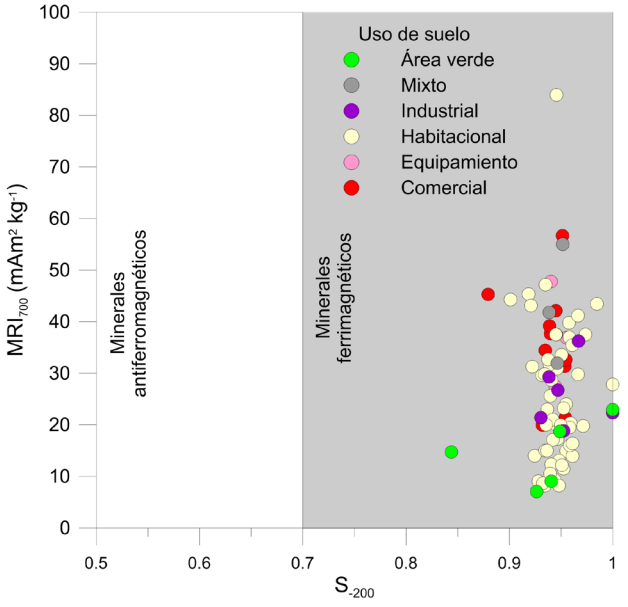

Figura 2 Gráfica de MRI_{700} vs cociente S_{-200} de polvo urbano de Villahermosa, Tabasco.

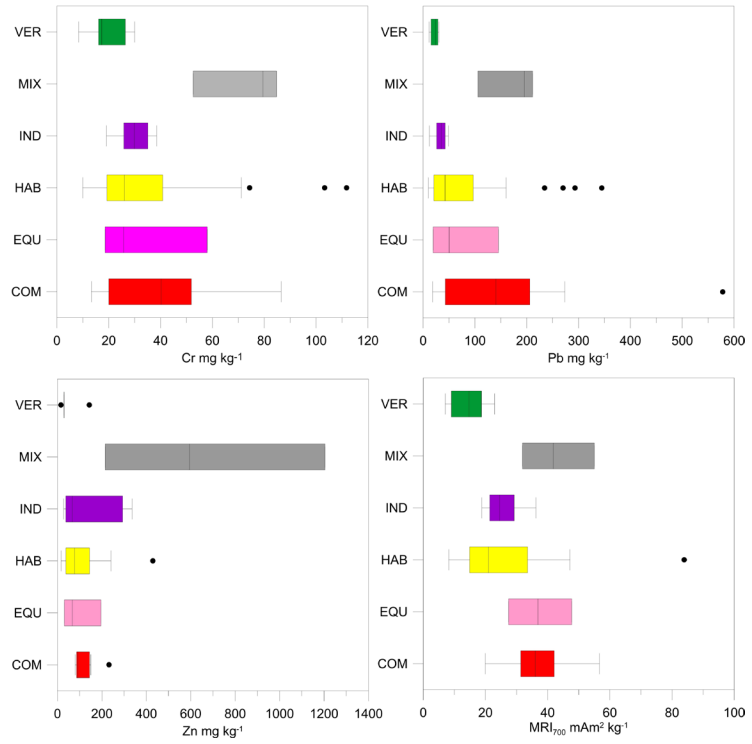

Figura 3. Gráficas de caja para concentraciones de Cr, Pb, Zn y MRI para los usos de suelo: área verde (VER), Mixto (MIX), Industrial (IND), Habitacional (HAB), Equipamiento (EQU) y Comercial (COM).

4. Modelos de regresión simple lineales y no lineales.

Los modelos de regresión simple lineal y no lineales que mostraron coeficientes de relación (r^2) > 0.40 entre los parámetros magnéticos de χ_{lf} y MRI_{700} con la concentración de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn fueron: χ_{lf} con Zn ($Zn = 1/(-0.003 + 0.08/\chi_{lf})$ y MRI_{700} con Cr ($Cr = sqrt\ (170.03 + 1.24*MRI_{700}^{2})$, Cu ($Cu = 1/(-0.023 + 2.57/MRI_{700})$, Pb ($Pb = exp\ (2.48 + 0.045*MRI_{700})$) y Zn ($Zn = 1/(-0.00088 + 0.36/MRI_{700})$). El parámetro MRI_{700} muestra ser el mejor indicador *proxy* para determinar sitios contaminados con Cu, Cr, Pb y Zn en muestras de PU.

5. Conclusión

Los valores de concentración de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn y parámetros magnéticos de los polvos urbanos de los uso de suelo de área verdes presentaron valores bajos, los cuales, pueden ser usados para establecer un valor de referencia de concentración para la ciudad de Villahermosa. El valor de 21.1 $mAm^2\ kg^{-1}$ de la magnetización remanente isotermal puedes ser usado como valor indicador para determinar el aporte de material antrópico.

Los parámetros magnéticos de los polvos urbanos de Villahermosa indicaron la presencia de minerales magnéticos de baja coercitividad en todas las muestras, sin embargo su concentración es diferente en cada uso de suelo. Los usos de suelo de tipo comercial, industrial y uso mixto tienen una actividad antrópica intensa que refleja un aumento en la concentración de minerales magnéticos de baja coercitividad en comparación con las áreas verdes o para usos residencial.

El modelo de regresión obtenido entre los parámetros de susceptibilidad magnética específica y magnetización remanente isotermal con la concentrara de Cu, Cr, Pb y Zn pueden ser usados como método *proxy* para el monitoreo de estos elementos en la ciudad.

Referencias

Aguilar B., Bautista F., Goguitchaichvili A., Morales J., Quintana P., Carvallo C., Battu J., 2013. Rock-magnetic properties of topsoils and urban dust from Morelia (>800,000 inhabitants), Mexico: Implications for anthropogenic pollution monitoring in Mexico's medium size cities, *Int. Geofis. 52-2*, 121-133.

Aguilar B., Bautista F., Goguichaisvili A., Morton O., 2011. Magnetic monitoring of top soil of Merida (Southern Mexico*), Stud. Geophys. Geod. 55*, 377−388.

Cejudo R., Bautista F., Quintana P., Delgado-Carranza M., Aguilar D., Goguitchaichvili A., Morales J. 2015. Correlación entre elementos potencialmente tóxicos y propiedades magnéticas en suelos de la Ciudad de México para la identificación de sitios contaminados: definición de umbrales magnéticos, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 32,* 50-61.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2016, Banco de Información INEGI: consultado 19/04/2016. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/

Morton O., Hernandez E., Martinez E., Soler A., Lozano R., Gonzalez G., Beramendi L., Urrutia J., 2009. Mexico City topsoils: Heavy metals vs. magnetic susceptibility, *Geoderma 151*, 121-125.

SEDEMA-Secretaría del medio ambiente DF, 2015. ¿Quién contamina el aire de la ZMVM?. http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhnmI=%27

SEMARNAT- Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, 2005. Las sustancias tóxicas persistentes, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, Ciudad de México, 260 pp.