



DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

R. Cejudo^{1*}, A. Goguichaisvili¹, F. Bautista², J. Morales¹, B. Espinosa¹

¹Instituto de Geofísica UNAM, Morelia, México.

²Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental UNAM, Morelia, México

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

ABSTRACT

The concentration increase of toxic substances and heavy metal in the urban environment may put the health of human populations at risk. The magnetic parameters could serve as a proxy technique of low cost for estimate the concentration of some elements. The objective of this work was to determine the relationship and spatial distribution between magnetic susceptibility, isothermal remanent magnetization and concentration of potentially toxic elements in urban soil of different type and uses in order to accurately identify presumably polluted areas by heavy metal and find the source of pollution. 480 samples of urban soils from Mexico City were collected from five different types of land uses (green area, residential, residential with commercial space, mixed use and industry). A geostatistical analysis was applied to know the distribution of magnetic parameters and concentration of heavy metal in urban soil. The mean values of magnetic parameters were χ of $2.87 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, SIRM of $40.4 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$, $\chi_{\text{df}}\%$ of 1.98%, S_{-300} of 0.92 and mean concentration of Cr, Cu, Pb y V in urban soil was Cr of 121mg kg^{-1} ; Cu of 331mg kg^{-1} ; Pb of 345mg kg^{-1} and V de 59mg kg^{-1} . The map of distribution of magnetic parameters and concentration of Cr, Cu, Pb and V indicate accumulation in downtown and northern of City areas.

Keywords: Ordinary Kriging, urban soil, magnetic properties.

RESUMEN

El incremento en la concentración de ciertos elementos o sustancias tóxicas en el ambiente urbano puede poner en riesgo la integridad de una población. Los parámetros magnéticos podrían servir, bajo ciertas condiciones, como técnica proxy de bajo costo para estimar la concentración de ciertos elementos. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación y distribución espacial que existe entre la susceptibilidad magnética específica, magnetización remanente isoterma y concentración de elementos potencialmente tóxicos en suelo urbano de diferentes tipos y usos, con el fin de identificar con mayor precisión áreas presumiblemente contaminadas por metales pesados y encontrar fuentes puntuales. Se colectaron 480 muestras de suelo urbano de la Ciudad de México, provenientes de 5 diferentes tipos de usos de suelo (área verde, habitacional, habitacional comercial, mixto e industria). Un análisis geoestadístico se aplicó con los resultados de los parámetros magnéticos y concentraciones de metales pesados. Los valores promedio de los parámetros magnéticos en el suelo urbano fueron: χ de $2.87 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, SIRM de $40.4 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$, $\chi_{\text{df}}\%$ de 1.98%, S_{-300} de 0.92 y las concentraciones promedio de Cr, Cu, Pb y V en el suelo urbano fueron: Cr de 121mg kg^{-1} ; Cu de 331mg kg^{-1} ; Pb de 345mg kg^{-1} y V de 59mg kg^{-1} . Los mapas de distribución de los parámetros magnéticos y concentración de Cr, Cu, Pb y V indicaron zonas de acumulación significativa en la zona centro y norte de la ciudad.

Palabras Clave: Kriging ordinario, suelo urbano, propiedades magnéticas.

1. Introducción

Las grandes y medianas ciudades del mundo experimentan cada año un aumento en su superficie y población, como consecuencia, se observan: cambios en el uso de suelo, se incrementa el tránsito vehicular, disminuye la calidad del aire entre otros. El incremento de actividades antrópicas como son el uso de vehículo, industrias, o naturales: incendios, caída de ceniza volcánica traen consigo un incremento de la concentración de residuos que pueden ser peligrosos para el ser humano. El suelo urbano es un buen registrador de variaciones



ambientales a largo plazo, ya que material suspendido al caer en su superficie permanece por más tiempo. El uso de parámetros magnéticos puede estimar la contaminación en suelos urbanos, debido a la correlación que presentan los parámetros magnéticos con la concentración de metales pesados, por lo cual se podría usar como una técnica proxy para cuantificar de forma rápida y veraz los elementos presentes en el medio (Volke *et al.*, 2005; Cejudo *et al.*, 2015). La determinación de la concentración de elementos tóxicos por técnicas convencionales es costosa y requiere de más recursos humanos y tecnológicos. Además, las técnicas convencionales tienen un impacto negativo en el medio ambiente, ya que durante la preparación y análisis existe la generación de residuos tóxicos. De esta forma, las mediciones magnéticas son una técnica proxy de bajo costo que puede estimar áreas donde se concentran elementos potencialmente tóxicos. La técnica de mediciones magnéticas como técnica proxy, se basa en el hecho de que los minerales ferrimagnéticos pueden absorber y adsorber iones de elementos tóxicos (Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, entre otros) en su estructura (Cejudo *et al.*, 2015; Cortés *et al.*, 2017), de esta forma, la determinación de minerales magnéticos puede informar de forma indirecta de la concentración de elementos potencialmente tóxicos. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación y distribución espacial que existe entre la susceptibilidad magnética específica, magnetización remanente isothermal y concentración de elementos potencialmente tóxicos en suelo urbano de la Ciudad de México, con el fin de identificar con mayor precisión áreas presuntamente contaminadas por metales potencialmente tóxicos además de encontrar fuentes puntuales.

2. Materiales y métodos

Se colectaron 480 muestras de suelo urbano de la Ciudad de México, los cuales provienen de 5 diferentes tipos de usos de suelo (área verde, habitacional, habitacional comercial, mixto e industria). Se midió el valor de susceptibilidad magnética (χ) con un equipo Bartington MS2B con sensor dual a baja frecuencia (0.47 kHz). Se obtuvieron curvas de adquisición de magnetización remanente isothermal a 1000 mT (MRIS). La determinación de la concentración de elementos químicos se hizo con un espectrómetro de FRX portátil Skyray. Los resultados fueron calibrados mediante los estándares de la serie IGL del Instituto de Geología, UNAM.

Un análisis geoestadísticos se hizo con los resultados de los parámetros magnéticos y concentraciones de metales pesados mediante el software Statgraphics y los modelos de interpolación con el software GS+, se empleó un modelo de interpolación Kriging ordinario (Hernandez-Stefanoni, 2006; Ihl *et al.*, 2015). La representación espacial se realizó mediante software ArcGis 10.1, con Datum de referencia horizontal y Sistema Geodésico Mundial 84 (WGS84). La clase mostrada en el mapa fue definida de acuerdo al valor obtenido del uso de suelo de menor actividad antrópica: área verde.

3. Resultados

Los valores promedio de los parámetros magnéticos en el suelo urbano fueron: χ de $2.87 \mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, MRIS de $40.4 \text{mAm}^2 \text{kg}^{-1}$, $\chi_{\text{dr}}\%$ de 1.98%, S_{-300} de 0.92. El análisis magnético indica presencia de minerales magnéticos de baja coercitividad (ferrimagnéticos) en todas las muestras del suelo, su concentración es variable aunque se incrementa en los usos de suelo de tipo habitacional, comercial, industrial y mixto.

Se midieron las concentraciones de los elementos Cr, Cu, Pb y V, en donde su concentración promedio fue: Cr de 121mg kg^{-1} ; Cu de 331mg kg^{-1} ; Pb de 345mg kg^{-1} y V de 59mg kg^{-1} . La concentraciones más altas se registraron para uso de suelo habitacional comercial, industrial y mixto.

Se obtuvieron modelos de distribución espacial satisfactorios para la concentración de Cr, Cu, Pb y los parámetros magnéticos de χ y MRIS. La zona del sureste registró la mayor concentración de material ferrimagnético, hay presencia de algunas zonas en el norte de la ciudad que presentan concentraciones relativamente altas de material magnético de baja coercitividad asociado a fuentes puntuales de zonas industriales (Figura 1)

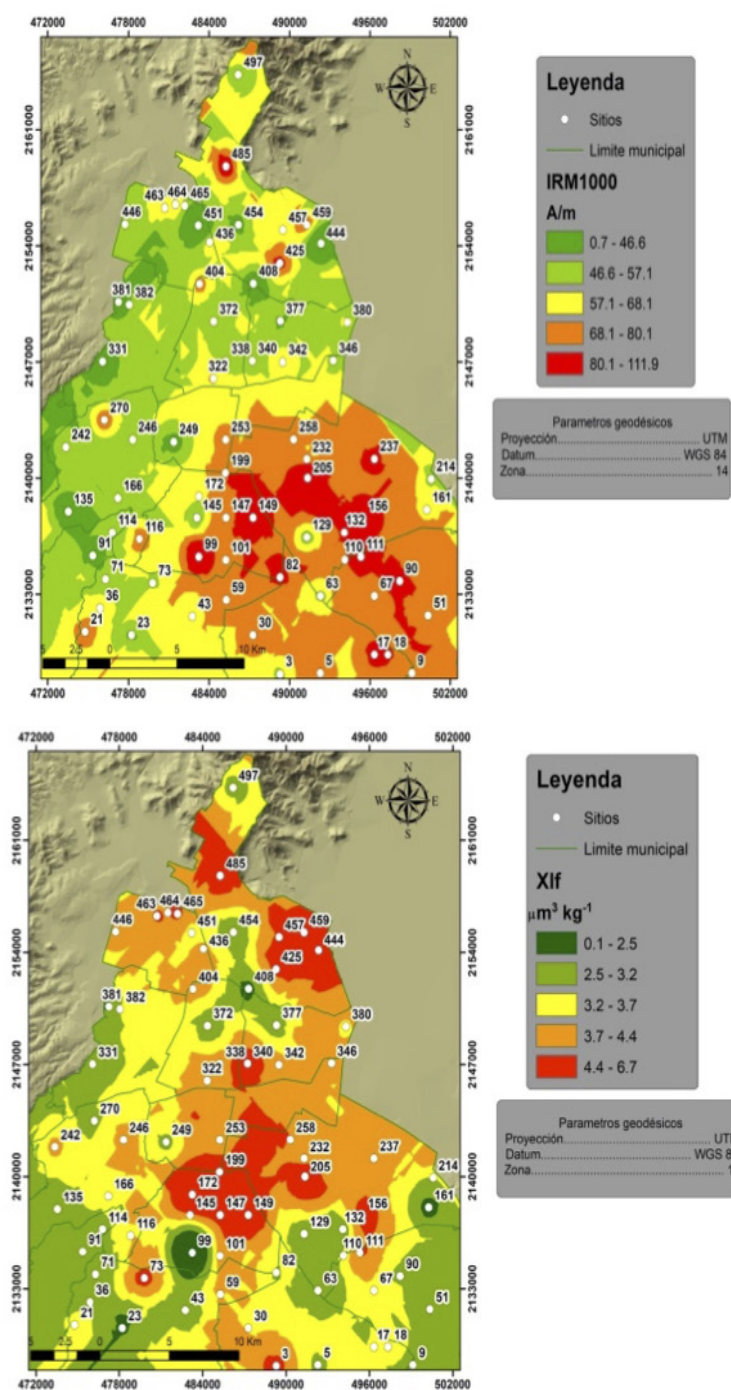
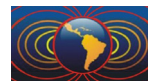


Figura 1. Modelos de distribución espacial por interpolación Kriging ordinario para susceptibilidad magnética e magnetización remanente isotermal de suelos de la Ciudad de México.

Los mapas de distribución de Cr, Cu Pb y Zn presentaron una concentración elevada en la parte central de la Ciudad de México, zonas cuyo uso de suelo es del tipo comercial habitacional (Figura 2). Hay un incremento de Cu, Pb y V hacia la parte norte de la ciudad, donde el uso de suelo es industrial.

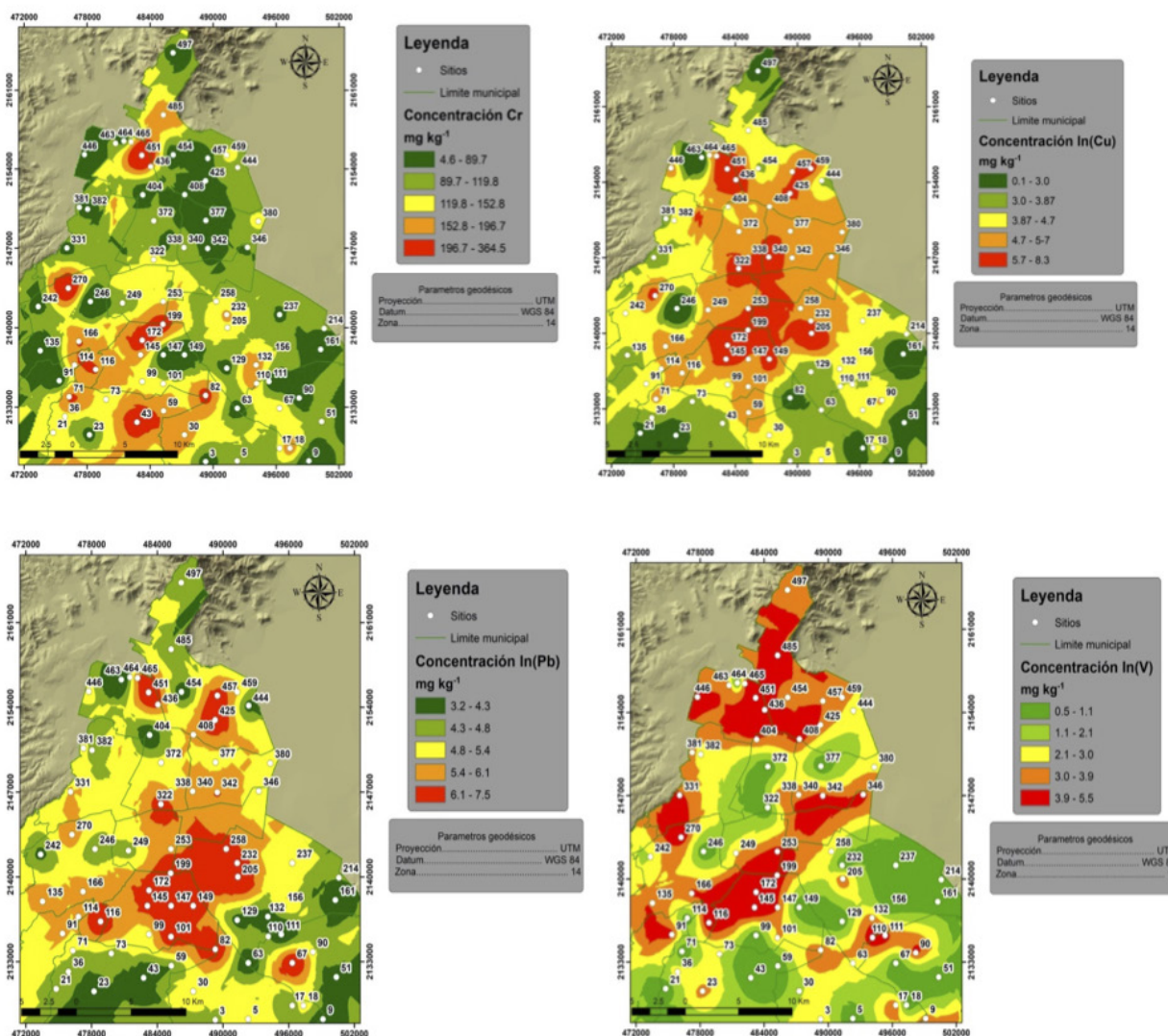


Figura 2. Modelos de distribución espacial por Kriging ordinario de la concentración de Cr, Cu, Pb y V en suelos de la Ciudad de México.

4. Conclusión

Los mapas de distribución de los parámetros magnéticos y concentración de Cr, Cu, Pb, V, indicaron zonas de concentración en el centro y norte de la Ciudad de México. Hay una similitud entre los mapas de distribución de la concentración de susceptibilidad magnética y la concentración de Cu y Pb, por lo que, este parámetro puede ser considerado como un proxy en un futuro para identificar áreas donde estos elementos se concentran. El uso de suelo industrial, habitacional o comercial fue el que mostró los valores más altos de parámetros magnéticos y concentración de Cr, Cu, Pb y V.

Agradecimientos

A la Secretaria de Ciencias, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México. Proyecto de investigación: Sistema de monitoreo de la contaminación por metales pesados en polvos urbanos de la CDMX (SECITI/051/2016).



Referencias

- Cejudo R., Bautista F., Quintana P., Delgado-Carranza M., Aguilar D., Goguichaisvili 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.
- Cortés, J. L., Bautista, F., Delgado, C., Quintana, P., Aguilar, D., Garcia, A., Figueroa, C., Gogichaishvili, A., 2017. Spatial distribution of heavy metals in urban dust from Ensenada, Baja California, Mexico, *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XXIII (1), 47-60.
- Hernandez-Stefanoni, J. L., Ponce-Hernandez, R., 2006. Mapping the spatial variability of plant diversity in a tropical forest: comparison of spatial interpolation methods, *Environmental Monitoring and Assessment*. 117, 1-3, 307-334.
- Ihl T., Bautista F., Cejudo R., Delgado C., Quintana P., Aguilar D. y Goguitchaichvili A. 2015. Concentration of toxic elements in topsoils of the metropolitan area of México City: A spatial analysis using ordinary Kriging and indicator Kriging, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31 (1), 47-62.
- Volke T., Velasco J., De la Rosa P., 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, Ciudad de México. 19-31 pp.