

Sesión especial

# **METALES PESADOS EN SUELOS Y POLVOS EN AMBIENTES URBANOS, RURALES Y MINEROS**

Organizadores:

Francisco Bautista  
Avto Gogichaishvili  
Juan Morales  
Rubén Cejudo

SE05-1

## CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA, GEOQUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE JALES DEL DISTRITO MINERO DE ANGANGUEO, MICH.

Morales Juan<sup>1</sup> y Hernández-Bernal María del Sol<sup>2</sup><sup>1</sup>Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA), Instituto de Geofísica, UNAM Campus Morelia, Mich.<sup>2</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), UNAM Campus Morelia, Mich. moralesjuanjulio@gmail.com

Angangueo es una población desarrollada alrededor de la actividad minera en un área de vetas polimetálicas emplazadas en un cuerpo andesítico miocénico. La corriente de agua más importante de la localidad es el Río Puerco, el cual corre en cierto tramo paralelo a las terrazas de jales y recibe al mismo tiempo las aguas de desecho de la población. El estudio de los desechos mineros adquiere gran relevancia ya que la distribución y concentración de metales pesados (EPT's s.l.) se ha relacionado a problemas de salud en las poblaciones establecidas en la vecindad de los depósitos. En esta contribución se presentan los resultados de una amplia serie de parámetros magnéticos determinados, así como de cocientes inter-paramétricos para la caracterización de la mineralogía magnética, de 4 perfiles verticales y un levantamiento radial horizontal de la terraza principal del distrito minero de Angangueo, Mich. Asimismo, se presenta los resultados del análisis petrográfico y geoquímico de los jales, a partir de los cuales se hace evidente que, a pesar de la estabilidad geotécnica de las terrazas de Angangueo, la movilidad de los EPT's puede afectar a las especies vegetales cercanas, como lo refleja el contenido de Pb en zarzas que crecen en los alrededores de las terrazas.

SE05-2

## RESTAURACIÓN DE JALES MINEROS DE LA MINA PILARES EN NACÓZARI DE GARCÍA, SONORA

Montijo González Alejandra, Liñero Horacio, Gutiérrez Anguamea Griselda, Alejandra, Minjárez Sosa Ismael, De la O Villanueva Margarita, Cuen Romero Francisco Javier, Monreal Saavedra Rogelio, Sámano Tirado Alma Patricia, Acosta Grijalva Kareli, Duarte Palafox Ivan y Moreno Héctor  
 Universidad de Sonora, UNISON  
 amontijo@geologia.uson.mx

La intensificación de las actividades humanas durante el último siglo está provocando importantes alteraciones en los ciclos naturales de los ecosistemas. Estas alteraciones constituyen uno de los más importantes componentes del cambio global, y centran una buena parte de la atención de la comunidad científica en la actualidad. La contaminación del aire, el suelo o el agua son unos problemas principales que se han relacionado con importantes problemas ambientales de las últimas décadas, como el decaimiento forestal y la pérdida de biodiversidad. La actividad minera es uno de los pilares económicos de México, la cual es una de la más antigua en el país. Tiene un gran impacto ya que afecta al ambiente desde el subsuelo hasta la atmósfera. El estado de Sonora posee una gran producción de cobre, uno de estos sitios es en el Municipio de Nacozari de García, donde se ubica las dos principales minas de cobre Pilares y La Caridad, solo la última continúa en actividad. La Mina Pilares se explotó por cobre en 1895 dicha actividad se extendió a lo largo de 50 años; esta producción generó una enorme cantidad de residuos (jales, terreros y material de descapote). Estos desechos fueron depositados en tres pilas, generando un volumen de 20 millones de toneladas cubriendo un total de 52 ha. El crecimiento de la población se desarrolló alrededor de una de estas pilas que cubre 19 hectáreas de superficie cubierta por tres millones de toneladas de jales. En estudios realizados anteriormente han demostrado que existe un nivel bajo de peligrosidad de EPT (As, Cd, Pb) y liberación de Cu, Fe y Mn; se ha reportado la formación estacional de sales eflorescentes con una significativa acumulación de metales (Zn, Mn y Cu), que el proceso erosivo dominante en los jales de la presa del poblado es la erosión hídrica y que la erosión eólica aunque es un proceso menos dominante, puede causar mayores daños a la salud humana ya que contienen cantidades elevadas de cobre y la dispersión de cobre es hacia la zona urbanizada. El objetivo de este trabajo es hacer una propuesta ejecutiva para restaurar los jales ubicados en la zona urbana de Nacozari de García Sonora, considerando las características de la vegetación nativa, el entorno socio económica, morfología del paisaje, grado de contaminación, análisis de cárcavas, factores climatológicos, análisis de la percepción de la población local sobre este cambio, entre otros. Con la finalidad principal es de beneficiar a la población de Nacozari de García, Sonora

SE05-3

## CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA DEL POLVO URBANO DE VIALIDADES PRIMARIAS CON DIFERENTE TIPO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Cejudo Ruiz Fredy Ruben<sup>1</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>2</sup>, Jaimes Carlos<sup>1</sup>, Cortés José Luis<sup>2</sup> y Morales Juan<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM  
 ruben@geofisica.unam.mx

Los problemas de calidad del aire en las ciudades están relacionados con las emisiones vehiculares que provienen del transporte público y particular. En la ciudad de México se han implementado medidas para mitigar la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera, entre ellas: se han restringido vialidades al transporte particular o concesionado; se ha introducido una red de transporte sustentables tipo europeo; y se han modificado las rutas del transporte eléctrico, sin embargo, no existe una medición del impacto que tiene estas medidas en la generación de emisiones contaminantes en las principales vialidades por donde circulan estos tipos de transporte. El objetivo de esta investigación fue hacer un estudio proxy por medio de susceptibilidad magnética en polvo urbano de las principales vialidades de la Ciudad de México con diferentes tipos de transporte, con la finalidad de determinar y evaluar si estas medidas tienen un impacto en la emisión de partículas contaminantes al ambiente. Se recolectaron 85 muestras de polvo urbano (PU) de las vías primarias de la Ciudad de México, pertenecientes a la red de transporte (Metrobús, Trolebús, Autobús concesionado, autobús, servicio particular y aeropuerto). Se hicieron mediciones de susceptibilidad magnética (Xlf) y densidad de polvo por metro cuadrado (p). El valor de Xlf en vialidades donde circula el transporte concesionado Taxi-autobús fue de Xlf de 6.3  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ; Particular de xlf de 5.6  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ; Autobús nuevo, Metrobús y Trolebús de 5.4  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  y aeropuerto de 5.0  $\mu\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ . El valor de p en la vialidad del transporte concesionado Taxi-autobús fue p de 24.8 g m<sup>-3</sup>; Particular p de 21.4 g m<sup>-3</sup>; Autobús nuevo p de 20.1 g m<sup>-3</sup>; Metrobús p de 21.9 g m<sup>-3</sup>; Trolebús p de 24.2 g m<sup>-3</sup> y aeropuerto p de 25.9 g m<sup>-3</sup>. La concentración promedio de Zn se estimó entre 200 a 400 mg kg<sup>-1</sup>. Los valores de susceptibilidad magnética de las diferentes vías primarias por donde circulan los diferentes tipos de transporte presentó poca variación. Las vialidades cercanas al aeropuerto y Microbús-Taxi mostraron una densidad mayor (25.8 g m<sup>-3</sup>) de polvo urbano por metro cuadrado con respecto de las vialidades, por donde, circulan los autobuses y Metrobús (21.3 g m<sup>-3</sup>). La diferencia de valores de susceptibilidad magnética y densidad de polvo urbano por metro cuadrado difieren escasamente, por lo que, las medidas adoptadas para mitigar la emisión de material particulado al ambiente aún no son suficientes.

SE05-4

## EL COLOR DEL POLVO URBANO COMO INDICADOR DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Bautista Francisco<sup>1</sup>, Cortés José Luis<sup>1</sup>, Quintana Patricia<sup>2</sup>, Aguilar Daniel<sup>2</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia, Mich.  
<sup>2</sup>CINVESTAV Unidad Mérida  
<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán  
 leptosol@ciga.unam.mx

El polvo urbano es una mezcla de suelo local y de partículas contaminantes derivadas de la combustión de vehículos, chimeneas y demás desechos, estas partículas se consideran peligrosas para la salud humana debido a que pueden ser ingeridas y/o inhaladas o entrar en contacto vía piel. En muchas partes del mundo se ha estudiado la composición del polvo urbano y se ha encontrado que, a menudo, contiene metales pesados; sin embargo, tanto el muestreo como el análisis químico requiere mucho tiempo, esfuerzo y dinero lo cual genera que no se establezcan programas de monitoreo. El color del polvo urbano podría ser un indicador de la contaminación del polvo urbano por metales pesados ya que las partículas de combustión son de colores oscuros del gris al negro. Además el color es una propiedad de fácil medición y de bajo costo con lo cual se podrían establecer programas de monitoreo de la contaminación por metales pesados en ambientes urbanos. El objetivo de este trabajo fue la evaluación del color del polvo urbano como indicador de la contaminación por metales pesados en ambientes contrastantes como el costero, volcánico y lacustre. Las muestras de polvo urbano se colectaron en Ensenada Baja California; Toluca, Estado de México; y la Ciudad de México. Se midió el color del polvo urbano y se calcularon los índices de color (IH, IR e IS). Se midió la concentración de los metales pesados (Cr, Cu, Ni, V, Pb, Rb y Zn) utilizando FRX. Se realizó un análisis multivariado tipo discriminante, agrupando las muestras por color y utilizando las concentraciones de los metales pesados como variables dependientes. Se realizaron análisis de varianza entre los grupos de color utilizando las concentraciones de metales pesados. Al interior de cada grupo de color se realizaron análisis de regresión múltiple entre los índices de color y los metales pesados. El análisis multivariado revela que los diferentes grupos de color del polvo urbano contienen diferente composición y contenido de metales pesados. El análisis de varianza revela que existen diferencias significativas en las concentraciones de metales pesados y los grupos de color. Las regresiones múltiples entre los índices de color y los metales pesados al interior de los grupos de color obtuvieron valores altos de correlación. El color del polvo urbano es un indicador de la contaminación por

metales pesados, particularmente los polvos de color gris son los más contaminados. El color gris está asociado al plomo, cobre y zinc.

SE05-5

### MESÓFILOS AEROBIOS Y HONGOS EN EL POLVO URBANO DE LA CIUDAD DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Reyes López Jaime Alonso<sup>1</sup>, Bojórquez Aguilar Rocío<sup>2</sup>, Romero Hernández Socorro<sup>2</sup>, Solís Domínguez Fernando<sup>3</sup> y Herrera Martínez Aseneth<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, UABC  
jaime.reyes63@uabc.edu.mx

A partir de un análisis previo de sitios con concentraciones elevadas de metales pesados, en este trabajo se realiza un análisis microbiológico ambiental de células viables en la zona urbana de la ciudad de Mexicali, Baja California. Se encontró que la cantidad de mesófilos aerobios, supera los 1000 UFC 90 mm/4 hr cantidad que debe considerarse para recibir atención. 3 sitios con cantidades de hongos superiores a 500 UFC 90mm/4 hr, que se considera de interés sanitario. Finalmente otros 3 sitios presentaron *Enterococcus faecalis*, indicando contaminación fecal. No se encontró correlación estadística entre la presencia y cantidad de microorganismos, tráfico ni velocidad del viento.

SE05-6

### BIOMONITOREO MAGNÉTICO DE POLVOS ANTROPOGÉNICOS EN ÁRBOLES DE MAR DEL PLATA (ARGENTINA)

Castañeda Miranda Ana Gabriela<sup>1</sup>, Chaparro Marcos A. E.<sup>1</sup>, Chaparro Mauro A. E.<sup>2</sup>, Marié Débora C.<sup>1</sup> y Gargiulo José D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)

<sup>2</sup>Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA), Lavornia Juan (Centro de investigación y estudios ambientales de la provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET)) y Böhnell Harald N. (Centro de Geociencias, UNAM, campus Juriquilla) agmiranda82@gmail.com

Los métodos de magnetismo ambiental permiten evaluar en forma rápida y económica polvos de origen antropogénico (por ej.: emisiones vehiculares) en ambientes urbanos, lo cual constituye una alternativa innovadora para complementar métodos tradicionales de monitoreos de la contaminación atmosférica. En esta contribución examinamos las propiedades de cortezas de árbol como acumuladores de contaminantes atmosféricos. Las cortezas son receptores pasivos de polvos antropogénicos, su evaluación se realizó a partir de propiedades magnéticas y se ha complementado con micromorfológicas (SEM-EDS) y elementales (ICP-MS). La zona de estudio se ubica en la ciudad de Mar del Plata (aprox. 650.000 habitantes) y comprende un área de unos 7 km<sup>2</sup> donde se realizó un grilla regular de la zona y se tomaron 54 puntos muestrales. En cada punto de muestreo se recolectaron muestras de cortezas de árbol a 0.5 y 1.5 m de altura. Las propiedades magnéticas se determinaron a partir de estudios de magnetismo: susceptibilidad magnética (?), susceptibilidad anhística (?MRA), magnetización remanente isotérmica (MRIS), coercitividad de remanencia (Hcr), así como estudios termomagnéticos realizados en los laboratorios del CIFICEN (Argentina) y del Centro de Geociencias (México). Los resultados mostraron que el mineral magnético principal es la magnetita (Hcr= 31.2-40.9 mT) con distintas concentraciones (?= 18.4-252.1 x10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>; MRIS= 2.4-21.4 x10<sup>-3</sup> A m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) y tamaños de grano magnético respirable (?MRA/?= 0.7-9.6), que varían mayormente entre 0.1 y 1 µm. Asimismo, los datos magnéticos fueron analizados estadísticamente para estudiar sus relaciones y su distribución espacial en el árbol (alturas) y en el área urbana. Los estudios nos permitieron comprobar la utilidad de la corteza de árbol como colector pasivo de contaminantes atmosféricos y para realizar monitoreos mediante propiedades magnéticas. Podemos destacar que las cortezas constituyen una alternativa de eficiente que puede ser utilizada para evaluar la contaminación permitiendo identificar sitios críticos con una aplicación asequible e inmediata.

SE05-7

### ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO Y MAGNÉTICO DE POLVOS ATMOSFÉRICOS EN ÁRBOLES DE MAR DEL PLATA (ARGENTINA)

Chaparro Mauro A. E.<sup>1</sup>, Natal Marcela<sup>1</sup>, Chaparro Marcos A. E.<sup>2</sup>, Ricci Lila<sup>1</sup>, Castañeda Miranda Ana G.<sup>2</sup>, Marié Débora C.<sup>2</sup>, Sinito Ana<sup>2</sup> y Gargiulo José D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)  
chaparromauro76@gmail.com

La susceptibilidad magnética (k, volumétrica) es un parámetro indicador de la concentración de minerales magnéticos de gran interés en el monitoreo magnético de polvos urbanos. Frecuentemente los polvos atmosféricos de origen

antropogénico (urbanos e industriales) incluyen elementos tóxicos como metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, etc., que difunden debido a la circulación atmosférica y depositan en superficies aledañas. Por otro lado, dichos polvos suelen ser tan pequeños (<1 µm) que al permanecer suspendidos en el aire pueden penetrar hasta las zonas más profundas del pulmón. Numerosos estudios han mostrado que hay una relación entre los metales pesados y los parámetros de magnetismo ambiental como la k. A su vez, se ha mostrado que niveles altos de concentración de minerales magnéticos son identificados como potenciales sitios contaminados. Una de las principales ventajas que presenta k sobre otros parámetros magnéticos es la posibilidad de realizar mediciones in-situ con un equipo de mano. En esta contribución realizamos un análisis estadístico que comprende la distribución espacial de mediciones magnéticas in-situ con el objetivo de describir y analizar vinculaciones entre la variable magnética k y el ambiente urbano en diferentes localizaciones. La zona de muestreo se ubica en el macrocentro de la ciudad de Mar del Plata y comprende aproximadamente 600 manzanas. Se realizó un grilla regular de la zona y se tomaron 54 puntos muestrales. En cada punto muestral se tomaron 8 mediciones de k in-situ, que corresponden a 0.5 m y 1.5 m de altura en las 4 caras del árbol (orientaciones). Se analizaron las correlaciones entre las mediciones de k en cada cara del árbol a la misma altura a través de un análisis de componentes principales, obteniéndose una primer componente que explica alrededor del 70% de la variación. Posteriormente se realizó un test de Hottelling para determinar si existen diferencias significativas entre las dos alturas considerando simultáneamente las cuatro orientaciones. Los resultados que se obtuvieron mostraron que existen discrepancias al comparar ambas alturas entre sí. A través del análisis geoestadístico se determinó que existe autocorrelación positiva entre los puntos de muestreo (Índice de Moran). En consecuencia se decidió construir un modelo geoestadístico utilizando k como variable respuesta en cada punto muestral. Con la construcción del modelo se realiza la predicción de toda la zona de estudio a través de un Kriging simple y se la representó gráficamente. En dicha representación se observa que las zonas con los valores más altos de concentración de material magnético se asocian con sitios potencialmente contaminados debido a un mayor tráfico de vehículos particulares (automóviles, motocicletas) y públicos (autobuses).

SE05-8 CARTEL

### PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE POLVO URBANO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE TRANSPORTE TERRESTRE EN BOGOTÁ, COLOMBIA

Cejudo Ruiz Fredy Ruben<sup>1</sup>, Bayona German<sup>2</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>3</sup>, Jaimes Carlos<sup>3</sup> y Morales Juan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Corporación Geológica ARES

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM  
ruben@geofisica.unam.mx

En la mayoría de las ciudades se registra un incremento de población que demanda una red de transporte adecuado. Cuando el transporte público es insuficiente, el parque vehicular particular se incrementa, como consecuencia, hay un aumento de las emisiones contaminantes a la atmósfera que disminuye la calidad del aire. En algunas ciudades de Latinoamérica, se ha adaptado un modelo de sistema de transporte europeo con la finalidad de disminuir el impacto de las emisiones vehiculares al ambiente, sin embargo, existe pocos estudios que evalúen si el desempeño de estas medidas son suficientes. Se sabe que las propiedades magnéticas del polvo urbano muestran una relación con la concentración de ciertos metales pesados, por lo que, son un proxy de bajo costo para determinar la contaminación en ambientes urbanos. El objetivo del estudio fue: cuantificar y comparar las variaciones de propiedades magnéticas del polvo urbano (PU) la red de transporte convencional (RTC) y la red de transporte de movilidad sostenible (RTMS) en Bogotá, Colombia. Se obtuvieron 40 muestras de PU (20 muestras de RTC y 20 muestras de RTMS) a las cuales, se les midió susceptibilidad magnética (XLF) y se obtuvieron curvas de magnetización remanente isotérmica (MRI) a 1.0 T. Las muestras de PU de RTC exhibieron valores de Xlf entre 3.0 a 6.0 µm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> y valores de magnetización remanente isotérmica de saturación a 1.0 T (MRIS1.0 T) entre 30 a 50 mAm<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>. Las muestras de PU de RTMS exhibieron valores de Xlf entre 2.0 a 14.0 µm<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> y valores de magnetización remanente isotérmica de saturación a 1.0 T (MRIS1.0 T) entre 15 a 130 mAm<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>. Los resultados indicaron que hay una variación en la concentración de material magnético en las dos redes de sistema de transporte público. La red del sistema de transporte de movilidad sostenible presentó una concentración alta de material magnético de baja coercitividad. El implemento de un modelo de red de transporte europeo en ciudades latinoamericanas no muestra un impacto considerable en la emisión de partículas contaminantes.

## SE05-9 CARTEL

### ACUMULACIÓN DE POLVOS URBANOS EN EL LIQUEN PARMOTREMA PILOSUM Y SU CAMBIO EN EL TIEMPO A PARTIR DE MEDICIONES MAGNÉTICAS

Chaparro Marcos A. E.<sup>1</sup>, Marié Débora C.<sup>1</sup>, Lavornia Juan M.<sup>2</sup>, Castañeda Miranda Ana G.<sup>1</sup>, Gargiulo José D.<sup>1</sup>, Sinito Ana<sup>1</sup>, Böhnell Harald<sup>3</sup> y Chaparro Mauro A. E.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN, CONICET-UNCPBA)

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA, UNCPBA-CONICET)

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>4</sup>Centro Marplatense de Investigaciones Matemáticas (CEMIM-UNMDP)  
chapator@exa.unicen.edu.ar

En las últimas décadas, los métodos de magnetismo ambiental han permitido evaluar contaminantes industriales y vehiculares en ambientes urbanos, constituyendo una alternativa ventajosa (relativamente rápida, simple y económica) para monitoreos espaciales y temporales. Entre los estudios innovadores de magnetismo, se destaca el uso de epifitas como biomonitores de la contaminación. En particular, los líquenes tienen la capacidad de retener nutrientes, así como polvos contaminantes, del aire debido a la ausencia de una cutícula, tricomas, sistema de raíces y la captación de agua de la atmósfera para sobrevivir. La especie *Parmotrema pilosum* ha permitido un monitoreo magnético detallado en la ciudad de Tandil (Marié et al. Atmospheric Pollution Research 7:513-520, 2016); con el objeto de conocer las propiedades de acumulación de la especie, en esta contribución presentamos resultados preliminares de la distribución magnética de los contaminantes sobre un líquen y su variación en el tiempo. El estudio de magnetismo se llevó a cabo en un individuo de *P. pilosum* que sólo recibe emisiones antropogénicas (vehiculares) provenientes de un estacionamiento público. Las propiedades magnéticas se determinaron a partir de la medición del parámetro susceptibilidad magnética in situ ( $\chi$ ), el cual está relacionado con la concentración de minerales magnéticos. Las mediciones se realizaron semanalmente, durante un periodo de 8 meses, en una grilla de 1 cm de separación para poder realizar un mapeo magnético de la superficie de la planta. Los mapas de contorno de susceptibilidad magnética del líquen muestran zonas preferenciales de acumulación que son evidentes a partir de los valores máximos de  $\chi$  de hasta  $23.3 \times 10^{-5}$  SI. Se observa que luego de períodos de lluvias estos valores de susceptibilidad magnética presentan un decrecimiento, lo cual indica la capacidad de conservación de partículas magnéticas de la planta. Por otro lado, del análisis de los gráficos de las mediciones semanales, se observa un incremento general en los valores medios de  $\chi$  con el tiempo. Los valores medios iniciales de  $\chi$ , se hallan entre  $1.8 \times 10^{-5}$  SI [s.d. de  $1.2 \times 10^{-5}$  SI], y las mediciones a los 5 meses alcanzan valores medios de  $12.3 \times 10^{-5}$  SI [s.d. de  $4.0 \times 10^{-5}$  SI]. Este comportamiento es similar a los observados en nuestros estudios previos utilizando muestras de líquen trasplantadas (colectas mensuales durante 12 meses) en diferentes sitios de la ciudad con influencias de diversas fuentes de contaminantes. La realización de mediciones in situ ( $\chi$ ) no solo contribuye a la preservación de la especie *P. pilosum*, sino que proporciona una útil herramienta de bajo costo que permite la evaluación de la contaminación ambiental en tiempos cortos o prolongados.

## SE05-10 CARTEL

### MAPAS PROBABILÍSTICOS USANDO KRIGING INDICADOR DE LOS METALES PESADOS EN POLVOS URBANOS DE LA CIUDAD DE MURCIA, ESPAÑA

Bautista Francisco  
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM  
leptosol@ciga.unam.mx

La contaminación por metales pesados dispersos en el ambiente es un problema grave que daña al medio ambiente y a la población en general, en los últimos informes de la Asociación Ecologista en Acción informan que el 14% de la población de la Ciudad de Murcia en España respira aire con niveles de contaminación que superan los límites que marca la OMS, sin embargo no se conocen las zonas donde se encuentran concentraciones más altas de metales pesados (MP), se hace necesario identificar las zonas más contaminadas y plantear soluciones ambientales para revertir o mitigar esta contaminación. El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución espacial de los MP en polvo urbano utilizando tres umbrales propuestos por la junta de Andalucía e identificar las zonas de mayor contaminación en Murcia, España. Se analizaron 130 muestras de polvo urbano, se determinaron las concentraciones de cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), y zinc (Zn) con un espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-masas). Se realizaron análisis geoestadísticos con método de interpolación kriging indicador (KI). Se utilizaron los tres umbrales propuestos por la Junta de Andalucía para MP (nivel de referencia (NR), nivel de investigación recomendado (NIR) y nivel de intervención (NI)), se encontró que las mayores concentraciones de MP se encuentran distribuidas en la parte centro de la ciudad, sin embargo es el Zn cubre la mayor área seguido del Cu, Pb y por último Ni, Los mapas de integraciones de los MP con la clase más alta mostraron que más del 70% del área sobrepasa el umbral NR, mientras que más del 30% sobrepasa al NIR y aproximadamente el 10% rebasa al NI, por lo que el mapa de la integración de las clases de mayor concentración de cada metal por umbral permite identificar la superficie del territorio más contaminada y,

por lo tanto, la superficie de alta prioridad de atención para el desarrollo de acciones de remediación de suelos contaminados por MP.

## SE05-11 CARTEL

### EVIDENCE OF SMALL MAGNETIC CONCENTRATIONS IN MICE (MUS MUSCULUS) LIVERS AND KIDNEYS EXPOSED TO THE URBAN DUST: A RECONNAISSANCE STUDY

Bautista Francisco<sup>1</sup>, Gonsebatt Maria E.<sup>2</sup>, Cejudo Ruiz Fredy Ruben<sup>3</sup>, Gogichaishvili Avto<sup>4</sup>, Morales Juan<sup>1</sup>, Delgado Carmen<sup>1</sup> y Rivas Hilda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Biomédicas, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>4</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
fbzuniga@gmail.com

Previous investigations carried out on Mexico City urban dust and soils revealed relatively high concentration of heavy metals due to the atmospheric pollution. Detailed magnetic analyzes demonstrated that these dust samples contains neo-formed magnetite phase coming from the vehicles combustion. Here, we report the results of magnetic measurements carried out on *Mus musculus* livers and kidneys in order to know whether the magnetic particles may penetrate and accumulate in these vital organs. Each mouse was exposed to the previously selected, polluted urban dusts during the 12 days. Subsequently the mice were sacrificed and preceded to the measurement of magnetic parameters in liver and kidney samples. Both frequency dependent magnetic susceptibility and isothermal remanent magnetization attest the existence of small magnetic concentrations due to low to moderate coercivity ferrimagnetic (most probably magnetite) magnetic grains. This study confirm that fine magnetic minerals may be absorbed and stored by mice livers and kidneys in relatively small concentrations.

## SE05-12 CARTEL

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS METALES PESADOS EN POLVOS URBANOS DE LA CIUDAD DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Cortés José Luis  
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM  
luiguinet19@hotmail.com

En Ensenada Baja California los barcos y vehículos emiten partículas contaminantes que contienen metales pesados (MP), estos son transportadas con el viento y se depositan en el suelo dando lugar a los polvos urbanos (PU), estos contaminantes pueden llegar a afectar la salud de la población, incluso causar cáncer, por lo que se requiere de un diagnóstico de la distribución espacial de los MP para encontrar soluciones ambientales. El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución espacial de MP en polvo urbano e identificar las zonas con mayor contaminación en la ciudad de Ensenada, Baja California utilizando métodos geoestadísticos. Se analizaron 86 muestras de polvo urbanos provenientes de Ensenada. Se determinaron concentraciones de cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), rubidio (Rb) vanadio (V) y zinc (Zn) con fluorescencia de rayos X (FRX). Se realizaron análisis de varianza con método de Kruskal-Wallis para identificar diferencias significativas entre los grupos de sustrato. Se realizaron análisis geoestadísticos con método kriging ordinario (KO) para identificar la distribución espacial de los MP. Con Kruskal-Wallis se encontró que el sustrato asfalto tiene las mayores concentraciones del Cr, Ni, Pb y Zn, posteriormente el cemento con el Cu y V y por último el suelo con las mayores concentraciones de Rb, por lo que el sustrato asfalto es el más contaminado, Los mapas con KO mostraron que la zona sur y suroeste tienen las mayores concentraciones de MP, siendo esta zona la más contaminada por MP emitidos por embarques y los autos que transitan por la Carretera Transpeninsular. El mapa de la integración de las clases de mayor concentración de cada metal permite identificar la superficie del territorio más contaminada y, por lo tanto, la superficie de alta prioridad de atención para el desarrollo de acciones de remediación de suelos contaminados por MP.

## SE05-13 CARTEL

### EL ÍNDICE DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS URBANOS: EL CASO DE MORELIA MICHOACÁN

Campuzano Elsy<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>1</sup>, Delgado Carmen<sup>2</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia, Mich.

<sup>2</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

princess\_viko@hotmail.com

Debido al acelerado crecimiento urbano y al desarrollo de las actividades antrópicas, como las de giro industrial, el flujo vehicular y la generación de residuos sólidos urbanos, se han liberado grandes cantidades de metales pesados (MP) al medio ambiente, contribuyendo así a la contaminación de los suelos urbanos, la cual ha ido en aumento y se ha convertido en gran objeto de estudio, sin embargo, la capacidad del suelo para adsorber contaminantes como los MP es poco estudiada en la actualidad. Por ello el objetivo de este estudio fue el desarrollo de tres índices de

adsorción de MP, así como su validación matemática mediante árboles de decisión y el coeficiente kappa, para la cuantificación de la capacidad adsorbente de MP en el suelo. La recolección de muestras se realizó en la zona urbana de la ciudad de Morelia, Michoacán dónde se tomaron 100 muestras de suelo urbano superficial, las cuales se trataron según la NMX-AA-132-SCFI-2006, para después determinar su contenido de materia orgánica (MO), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), el porcentaje de arcillas, grado de agregación, pedregosidad y densidad aparente. El primer índice se denominó "Lehmann" en él evalúa la adsorción de MP en el suelo principalmente con la MO y las arcillas, el segundo índice se denominó Lehmann modificado y solo toma en cuenta a la CIC, finalmente el índice denominado Bautista-Campuzano el cual le da mayor importancia a la tierra fina. La validación matemática y la elaboración de los árboles de decisión se realizaron con el software WEKA. El árbol de decisión del índice Bautista-Campuzano tiene una mayor solidez teórica, sin embargo, el coeficiente kappa resultó ser el más bajo (0.81), por el contrario el índice Lehmann obtuvo el coeficiente kappa más alto (0.90), pero el árbol de decisión con menor solidez teórica, finalmente el coeficiente kappa (0.87) y el árbol de decisión del índice Lehmann modificado mostró buena solidez teórica. El estudio revela la importancia de considerar a la cantidad de tierra fina como una propiedad indispensable en la evaluación de la adsorción de MP, debido a esto el índice Bautista-Campuzano es la metodología con mayor aptitud para la generación de información y la toma de decisiones.

SE05-14 CARTEL

### **MAGNETIZACIÓN REMANENTE ISOTERMAL Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA DE POLVO URBANO COMO INDICADORES DE CD, CU, CR, FE, PB Y ZN EN VILLAHERMOSA TABASCO**

Cejudo Ruiz Fredy Ruben<sup>1</sup>, Bautista Francisco<sup>2</sup>,  
Hernández Edith<sup>3</sup>, Palma David<sup>4</sup> y Gogichaishvili Avto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Cárdenas, Tabasco  
ruben@geofisica.unam.mx

El polvo urbano (PU) está constituido por partículas que se depositan sobre la superficie de la ciudad, contiene minerales magnéticos, metales pesados y otras cosas. En este trabajo se manejó la hipótesis de que los minerales magnéticos de baja coercitividad son capaces de adsorber metales pesados a su estructura, y por lo tanto, se puede determinar de forma indirecta la concentración de metales pesados a través de la concentración de minerales magnéticos. Por tal motivo, los objetivos de este estudio fueron: 1) hacer una caracterización magnética y geoquímica del material PU menor o igual a 2 mm de diámetro; 2) identificar si hay una relación lineal entre la magnetización remanente isotérmica obtenida a 700 mT y la susceptibilidad magnética másica medida a baja frecuencia con la concentración de metales pesados. Se recolectaron 82 muestras de PU en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, México utilizando un muestreo sistemático en rejilla. Las muestras fueron secadas a la sombra, se tamizaron con una malla 10. Se midió la concentración total de metales pesados por absorción atómica y los parámetros magnéticos (susceptibilidad magnética másica específica; el porcentaje de la susceptibilidad dependiente de la frecuencia; y se hicieron las curvas de magnetización remanente isotérmica (MRI). Se midió la concentración total de Cd, Cu, Cr, Fe, Pb y Zn por AA. Se analizaron los datos magnéticos y las concentraciones de metales pesados de acuerdo a al tipo de vialidad y los tipos de uso de suelo. Se calcularon los valores de correlación lineal entre  $\chi_f$  y MRI<sub>0.7</sub> y las concentraciones de MP. Se determinaron los valores de concentración de fondo para MP. En 29 sitios se superaron los límites máximos permisibles de Cr (280 mg kg<sup>-1</sup>), y uno para Pb (400 mg kg<sup>-1</sup>). Cuando hay un aumento de minerales magnéticos de baja coercitividad hay un incremento de concentración de metales pesados. El comportamiento de las curvas de magnetización remanente y los valores del cociente S-200 indicaron que hay presencia de mineral magnético de baja coercitividad (ferrimagnético) en todas las muestras de polvo urbano, sin embargo, su concentración varían dependiendo del tipo de uso de suelo. Los uso de suelo de área verde con caminos rurales mantuvieron una concentración baja de mineral ferrimagnéticos en comparación con los uso de suelo mixto y equipamiento. No se encontraron diferencias entre los tipos de vialidades y los valores de susceptibilidad magnética, magnetización remanente y los MP. La magnetización remanente isotérmica es el parámetro que tuvo una mayor relación con la concentración de MP y los tipos de usos de suelo. Se concluye que los parámetros magnéticos de susceptibilidad magnética y magnetización remanente isotérmica medida a 700 mT pueden ser usados como análisis proxy para polvos urbanos de Villahermosa.