



# METALES PESADOS EN SUELO URBANO COMO UN INDICADOR DE LA CALIDAD AMBIENTAL: CIUDAD DE CHIHUAHUA, MÉXICO

*HEAVY METALS IN URBAN LAND AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL QUALITY: CITY OF CHIHUAHUA, MÉXICO*

JORGE ALCALÁ<sup>1\*</sup>, MANUEL SOSA<sup>2</sup>, MYRIAM MORENO<sup>4</sup>, JUAN C. RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, CÉSAR QUINTANA<sup>2</sup>, CÉSAR TERRAZAS<sup>3</sup> Y OVED RIVERO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*  
Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala. Apdo. Postal 32 C.P 78321  
Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

<sup>2</sup>. *Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.*

<sup>3</sup> *Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.*

<sup>4</sup>CIMAV. Centro de Investigación de Materiales Avanzados

\*Autor de correspondencia: jorge.alcala@uaslp.mx

## RESUMEN

El crecimiento de las ciudades ejerce presión sobre el conocimiento de la calidad del suelo y su asociación como factor de contaminación, debido a que su condición trae efectos a la salud humana, principalmente por la concentración de metales pesados. Con el objetivo de determinar las concentraciones de Níquel (Ni), Cobalto (Co), Vanadio (V) y Plomo (Pb) en la ciudad de Chihuahua fueron tomadas muestras de suelo en sitios donde se desarrollan 75 árboles de cinco especies. Los muestreos se

realizaron conforme a los usos de suelo Comercial y Servicios, Industria Mixta, Industria Pesada, Residencial modalidades Media-Alta y Residencial Popular durante las temporadas de otoño, primavera y verano. Para determinar las concentraciones de metales fue empleada la Técnica ICP descrita como espectrometría óptica con plasma acoplado inductivamente. Con un modelo ajustado mediante el Minitab® se probaron los efectos de las interacciones de la especie, tipo de uso de suelo y temporada con respecto a las concentraciones de metales pesados en suelos. Las

interacciones significativas encontradas fueron entre temporada-tipo de uso de suelo con Ni, Co, V y Pb, además de la temporada-especie con respecto al Vanadio. Se destaca que en el sitio referente al área de la Industria Pesada, el Pb obtuvo una concentración de  $1714,70 \pm 1,30$  mg/kg, rebasando la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que marca como límite 800 mg/kg para este uso de suelo. Se considera necesario este tipo de información para la planeación urbana de la ciudad, así como su impacto en cuanto a salud pública y la mitigación de la contaminación ambiental.

**Palabras clave:** metales pesados, calidad ambiental, desarrollo urbano, contaminación

### **Summary**

*Growth of cities is putting pressure on soil quality research and its association as a factor of pollution, because its condition leads up effects to human health, mainly by the concentration of heavy metals. In order to determine the concentrations of Nickel (Ni), Cobalt (Co), Vanadium (V) and Lead (Pb) in the city of Chihuahua, soil samples were taken at sites where 75 trees of five species are growing. Samplings were conducted in accordance with the land uses and Commercial and*

*Services, Mixed Industry, Heavy Industry, Middle upper class Residential areas and Low class Residential areas during autumn, spring and summer seasons. In order to determine the concentrations of metals, the technique described as ICP (spectrometer optics inductively coupled plasma) was employed. With a model adjusted through Minitab® the effects of the species, type of land use and season interactions were tested with respect to heavy metal concentration in soils. The significant interactions found were between season-type of land use with Ni, Co, V and Pb in addition to the season-species with respect to Vanadium. It is emphasized that the site in relation to the Heavy Industry area Pb concentration was of 1714,70 mg/kg surpassing the NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 which establishes a limit of 800 mg/kg for this land use. This type of information is considered necessary for urban planning of the city, and for its impact in public health and the mitigation of environmental pollution.*

**Keywords:** heavy metals, environmental quality, urban development, pollution

## INTRODUCCIÓN

El uso de suelo es uno de los principales criterios que sustentan la planeación urbana, sin embargo es insuficiente o exiguo el conocimiento sobre su calidad y grado de contaminación en relación con la salud pública y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo, entre otros organismos, como el caso de la vegetación. Para Biasioli *et al.* (2007) en el proceso de planificación urbana es más urgente integrar una visión multidimensional que permita conocer la calidad del medio ambiente, sin embargo para los tomadores de decisiones de las políticas públicas, el papel de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo no ha sido muy considerado. En este caso Wiseman (2007) además de Scheyer & Hipple (2005), señalaron que el suelo se caracteriza en gran medida por la presencia de minerales. No obstante uno de los problemas que presenta este recurso a nivel urbano, es el grado de contaminación por acción antrópica (Lombi *et al.*, 2001). Entre los contaminantes del suelo, los metales pesados, generan gran preocupación. Con una densidad mayor a 5 g/cm<sup>3</sup> comprenden elementos metálicos o metaloides. Algunos de ellos, en pequeñas cantidades, son esenciales para los organismos (Fe, Mn,

Zn, B, Co, As, V, Cu, Ni y Mo) convirtiéndose en nocivos cuando se presentan en concentraciones elevadas, mientras que otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos, como el Cd, Hg o el Pb (Ortiz *et al.*, 2007). Cuando están presentes, además del incremento del índice de toxicidad generado por sus altos niveles de biodisponibilidad, otros factores como la lixiviación, absorción por las plantas y el paso a la cadena trófica constituyen potenciales riesgos (Carpena y Pilar, 2007). Algunas de las causas que propician la acumulación de contaminantes en el suelo son asociadas a prácticas agrícolas inadecuadas, actividades industriales y mineras que contaminan directamente los suelos o indirectamente a partir de deposiciones atmosféricas o de las aguas superficiales (Ortiz *et al.*, 2007). La textura, estructura, densidad, reacción del suelo y el tamaño de las partículas, son caracteres que permiten predecir el impacto e interpretar el comportamiento de los suelos sometidos a diferentes usos (Scheyer & Hipple, 2005). En el ambiente urbano, la caracterización del suelo permitirá evaluar, en cada caso, su calidad, un factor importante para mejorar la planificación y el crecimiento adecuado del arbolado (Forestry Council, 2001).

En la ciudad de Chihuahua, la estrategia de planeamiento y desarrollo urbano, ha impulsado estudios de monitoreo de la calidad del aire, constatándose la presencia de Ti, Pb y Cu. Contaminantes atmosféricos, que pueden dispersarse con variada modalidad (Campos *et al.*, 2006; Campos *et al.*, 2007). Las estrategias de reforestación urbana deberían poner énfasis en la calidad de suelo, dado que la presencia de elementos tóxicos afecta inhibiendo el crecimiento y desarrollo de las especies arbóreas impactando finalmente sobre la condición de soporte ecológico que los árboles deben proporcionar en las ciudades. El estudio del suelo enfocado principalmente en el análisis de la presencia de metales pesados, es relevante en cuanto permite evaluar el impacto ambiental y su correlación con los diferentes usos de suelo.

El presente estudio pretende determinar las concentraciones de Ni, Co, V y Pb en el suelo como un indicador de la calidad ambiental aplicable al desarrollo urbano planificado de la ciudad de Chihuahua. Los resultados obtenidos podrían aportar datos inéditos aplicables a la planificación del uso del suelo y a futuras investigaciones *in situ* en las zonas urbanas, con signos evidentes de contaminación con metales pesados (Murray *et al.*, 2004).

## MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio se localiza en la zona urbana del Municipio de Chihuahua en las coordenadas geográficas 28°38´ Latitud Norte y 106° 04´ Longitud Oeste (INEGI, 2007). Posee clima desértico y las condiciones meteorológicas propicias para presentar altas concentraciones de partículas suspendidas en la atmósfera debido a que son mínimos los mecanismos naturales para mantener la humedad en los suelos y para lavar la atmósfera (Campos *et al.*, 2007). La dirección predominante de los vientos es NW y Sur (IMPLAN, 2006). La ciudad fue dividida en cinco sitios de muestreo conforme a los usos de suelo dominantes: Comercial y Servicio (ComyServ), Industria Mixta (IndMixta), Industria Pesada (IndPesada), Residencial modalidad Media-Alta (ResMediyAlta) y Residencial modalidad Popular (ResModPopular) basado en SEDESOL y Gobierno del Estado de Chihuahua (2001) y la Subdirección de Catastro (2004) (Figura 1). De los sitios descritos fueron tomadas 75 muestras de suelo a una profundidad aproximada de 10 cm. Los suelos pertenecen a lugares donde están ubicados árboles de cinco especies arbóreas con mayor representatividad urbana como son: Lila (*Melia azedarach*),

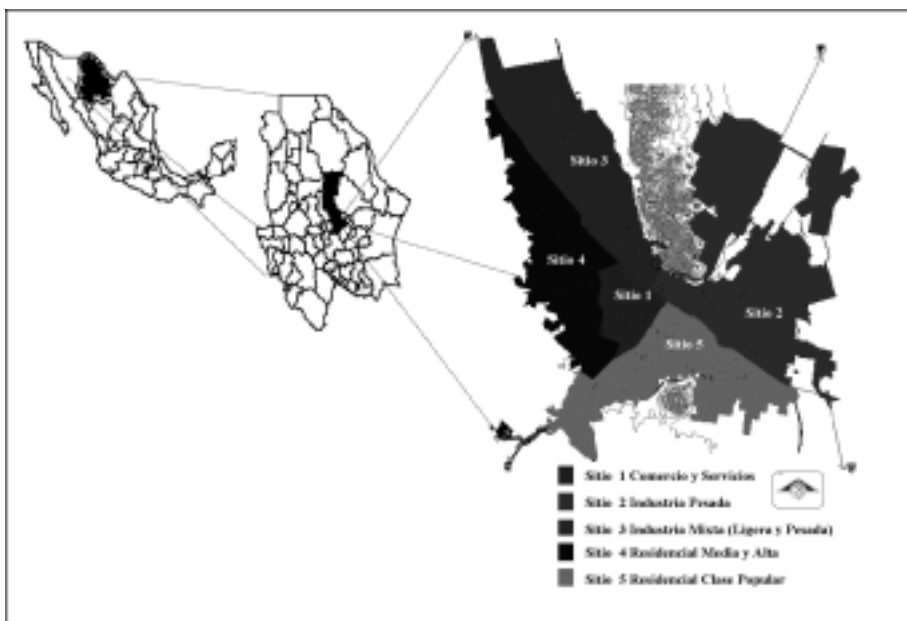


Figure 1. Sampling sites location based on the overall plan for the city of Chihuahua (Subdirección de Catastro, 2004)

Figure 1. Sampling sites location based on the overall plan for the city of Chihuahua (Subdirección de Catastro, 2004)

Fresno (*Fraxinus spp.*), Ciprés (*Cupressus arizonica*), Moro (*Morus spp.*) y Sicomoro (*Platanus occidentalis*). Fue considerado que los sitios estuvieran ubicados en la alineación o área perimetral de la cuadra colindante a una calle o avenida principal. Fueron tomadas 75 muestras de suelo considerando la especie de árbol, tipo de uso de suelo urbano y las temporadas de otoño 2006, primavera y verano 2007 (25 muestras de suelo por temporada). Se incluyeron muestras de suelo ubicadas fuera de la mancha urbana como referencia comparativa. Para

la determinación de concentraciones de metales se preparó una muestra de suelo secándolo a temperatura ambiente por 3 días, después se tamizó en una malla de 2 mm y se tomó una cantidad de 0,5 g agregándole una mezcla de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HCL}$  (1:3). Esta solución se dejó en un vial de teflón de microondas por dos horas a 60 °C pasándolo a un digestor de microondas diluyéndose el extracto líquido con agua tridestilada para el análisis de Ni, Co, V y Pb a través de la técnica ICP (Inductively Coupled Plasma) marca Termo Jarell Ash modelo RIS AP DUO o bien conocida

como espectrometría óptica con plasma acoplado inductivamente empleada por Puga et al., (2006) para lo cual se reportan las concentraciones en mg/kg. Para analizar los datos se ajustó un modelo mediante MINITAB® fijando un  $\alpha=0,05$ , probando los efectos de las interacciones doble y triple entre el tipo de uso de suelo urbano, especie y temporada con respecto a las concentraciones de metales pesados.

## RESULTADOS

Los análisis del suelo reportaron la presencia de Ni, Co, V y Pb. Con respecto al Ni, V y Co sólo se encontraron datos suficientes en las temporadas de otoño 2006 y primavera 2007. No obstante, se presentaron asociaciones significativas entre el efecto de la temporada y el tipo de uso del suelo. Además con el V se constató el

efecto significativo de la interacción temporada / especie. En el caso del elemento Pb, se encontraron datos suficientes para analizar las tres temporadas consideradas en el estudio (otoño 2006, primavera y verano 2007). El Ni presentó una asociación significativa del efecto de la temporada-tipo de uso de suelo ( $P<0.012$ ), siendo en otoño la zona Residencial modalidad Media-Alta la que obtuvo el valor más alto con  $17,21\pm 1,2$  mg/kg y la más baja concentración se dio en primavera en la zona Residencial Popular con  $4,48\pm 1,2$  mg/kg (Figura 2). Para el Co resultó ser significativo el efecto entre temporada-tipo de uso de suelo ( $P<0,001$ ), siendo en otoño la zona Residencial modalidad Media-Alta la que obtuvo la mayor concentración con  $5,79\pm 0,5$  mg/kg y la más baja en esa misma temporada en la Indus-

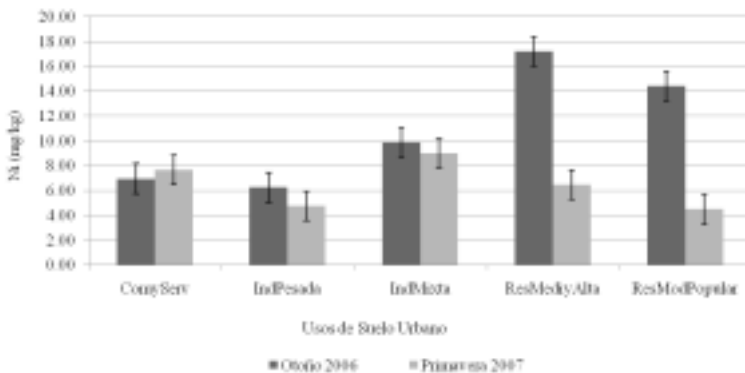


Figura 2. Concentración de Níquel asociada al efecto de la Temporada-Tipo de uso de suelo ( $\pm$ S.E.)  
 Figure 2. Nickel concentration associated with the Season- type of land use effect ( $\pm$ S.E.)

tria Mixta con  $3,376 \pm 0.5$  mg/kg (Figura 3). Con el V se presentaron dos interacciones significativas siendo entre la temporada-tipo de uso de suelo ( $P < 0,001$ ) y temporada-especie ( $P < 0,019$ ). En el primer caso, la temporada primavera presentó el valor más alto de concentración de este metal con  $20,14 \pm 1,14$  mg/kg en la zona de Comercio y Servicios, sin embargo esta misma temporada con un valor más bajo de concentraciones en la zona Residencial modalidad Popular con  $8,64 \pm 1,14$  mg/kg (Figura 4). En el segundo caso, los suelos donde crecían árboles de “ciprés” concentraron mayor cantidad de

este metal registrando  $17,81 \pm 1.14$  mg/kg de V durante la temporada de otoño, mientras que en primavera los suelos de donde crecían árboles de “moro” presentaron la concentración más baja con  $8,50 \pm 1,14$  mg/kg (Figura 5). En el caso del Pb con datos analizados de las tres temporadas resultó significativo el efecto de la interacción de la temporada-tipo de uso de suelo ( $P < 0,001$ ), destacando que la concentración más alta fue en primavera, dentro de la Industria Pesada con  $1714,70$  mg/kg y los más bajos se dieron en la temporada de verano en el resto de los sitios, con valores no mayores a  $4 \pm 1,30$  mg/kg (Figura 6).

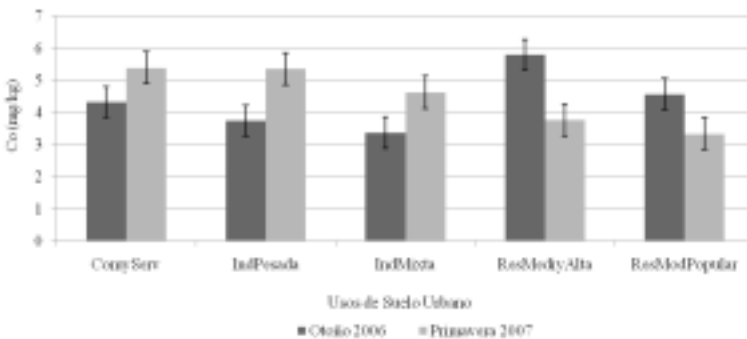


Figura 3. Concentración de Cobalto en suelo asociada al efecto de la Temporada-Tipo de uso de suelo ( $\pm$ E.E.)

Figure 3. Cobalt concentration associated with the Season-type of land use effect ( $\pm$ S.E.)

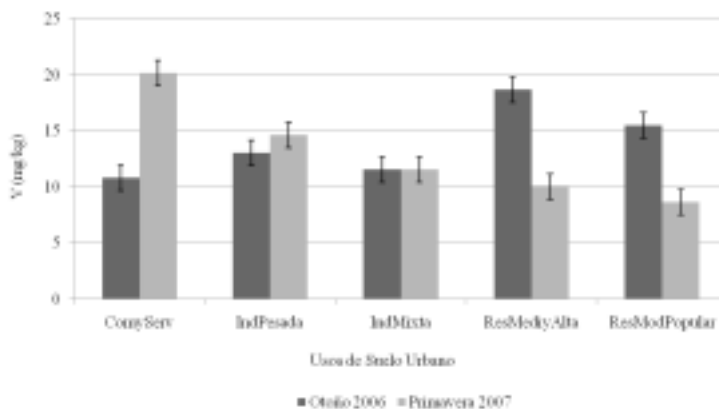


Figura 4. Concentración de Vanadio en suelo asociada al efecto de la Temporada-Tipo de uso de suelo ( $\pm$ E.E.)

Figure 4. Vanadium concentration associated with the Season- type of land use effect ( $\pm$ S.E.)

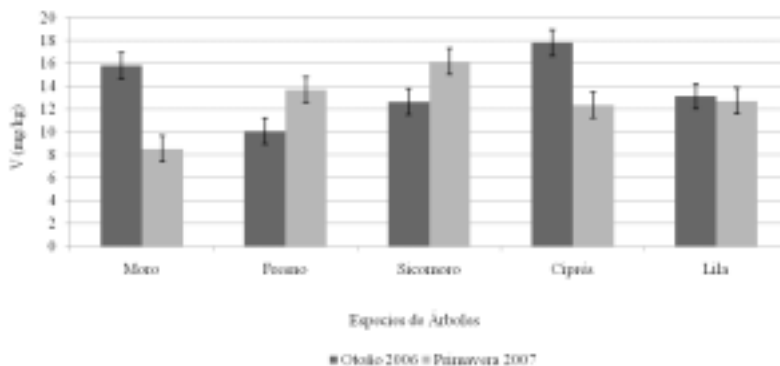


Figura 5. Concentración de Vanadio en suelo asociada al efecto de la Temporada-Especie ( $\pm$ E.E.)

Figure 5. Vanadium concentration associated with the Season-Species effect ( $\pm$ S.E.)

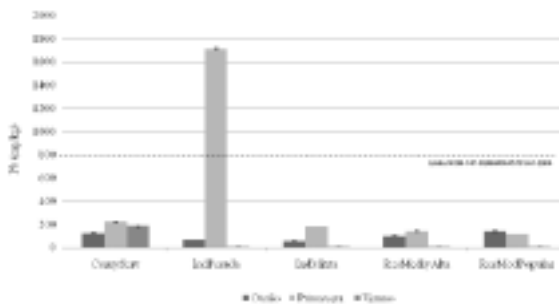


Figura 6. Concentración de Plomo en suelo asociada al efecto de la Temporada-Tipo de uso de suelo ( $\pm$ E.E.)

Figure 6. Lead concentration associated with the Season- type of land use effect ( $\pm$ S.E.)



## DISCUSIÓN

La presencia de níquel en la ciudad puede estar asociada a la industria que manufactura o usa níquel, sus aleaciones o compuestos, procesos de combustión y por incineración de basura (ATSDR, 2005). Además considerando que las condiciones climáticas en la temporada de otoño traen consigo el uso de combustibles en la ciudad, la zona Residencial modalidad Media-Alta y Residencial Popular pueden tener mayor incidencia en la acumulación de este metal en el ambiente. Este metal se adhiere a pequeñas partículas de polvo que se depositan en el suelo o son removidas del aire en la lluvia o la nieve. Asimismo, los compuestos de níquel se emplean para colorear cerámicas, para fabricar baterías y como catalizadores, que son sustancias que aceleran las reacciones químicas (ATSDR, 2005). En cuanto a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 la presencia de Ni tanto en suelo agrícola, residencial, comercial oscilaría en 1600 mg/kg, en tanto para el uso industrial sería de 20,000 mg/kg, lo que significa que los valores encontrados en este estudio son muy bajos para este metal según este criterio. Con respecto al cobalto su presencia puede estar derivada de los depósitos minerales, rocas de fosfatos o de remanentes de mineras, tráfico vehicular y

fuentes de contaminación industrial (ATSDR, 2004). Además su presencia puede deberse a las pequeñas cantidades liberadas por uso de carbón como combustible, del tubo de escape de vehículos, producción y uso de aleaciones y compuestos de cobalto (ATSDR, 2004). En el caso del Co las concentraciones promedio en suelo pueden oscilar entre 1 a 40 ppm y en promedio 7 ppm (ATSDR, 2004). La presencia de Vanadio en el suelo está asociada con las especies arbóreas, principalmente el ciprés, una especie perenne. El V puede deberse a los residuos de material foliar y a la capacidad de retención de partículas por esta especie. Así al degradarse la materia orgánica este metal es incorporado al suelo. También se le atribuye a la combinación con otros metales formando aleaciones, además en la forma de óxido de vanadio es un componente de un tipo especial de acero usado en partes de automóviles, resortes y rodamientos (ATSDR, 1995). La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 marca como límite en suelo agrícola, residencial y comercial 78 mg/kg y para el uso de suelo industrial un máximo de 1000 mg/kg, por lo cual en este estudio se presentaron valores más bajos a este límite. En la muestra testigo el valor más bajo fue de 1,23 mg/kg comparado con el nivel más bajo encontrado en primavera dentro de

la zona Residencial modalidad Popular con 8,64 mg/kg. La relación entre el factor temporada y especie resultante con el V en donde la mayoría de los suelos estuvieron en un rango de 10 mg/kg a 18 mg/kg, puede deberse posiblemente a la concentración este metal en el material foliar de las especies arbóreas que se integren al suelo, como fue el caso del “ciprés” y “moro” en la temporada de otoño, y del sicomoro en primavera, mismas que se asocian a las concentraciones más altas de este metal en el suelo durante estas temporadas. No obstante en el caso del Pb, resultaron altas concentraciones dentro de una zona de la ciudad en donde se habían desarrollado actividades mineras y además de tener un uso de suelo caracterizado por la Industria Pesada que puede estar influyendo en haber obtenido valores de  $1714,70 \pm 1,30$  mg/kg que pueden ser considerados muy altos para esta zona, ya que rebasan los 800 mg/kg establecidos por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 como límite máximo para este uso de suelo, esto implicaría la necesidad de usar técnicas de fitorremediación. Concentraciones significativas de Pb se han encontrado en muestras biológicas de habitantes de esta zona (Ornelas *et al.*, 2007). Además se reporta que en las muestras testigo la cantidad más baja de este metal

fue de 35,0 mg/kg. La presencia de plomo en el suelo puede deberse a remanentes de gasolina que han sido acumulados a través del tiempo, teniendo mayor incidencia en las de las áreas industriales (Murray *et al.*, 2004). También a las emisiones industriales y las emisiones producidas por los vehículos (Sierra, 2006). Este metal al entrar a la atmósfera, puede viajar largas distancias si las partículas de plomo son muy pequeñas, asimismo es removido del aire por la lluvia y por partículas que caen al suelo o aguas superficiales (ATSDR, 2007). De los resultados obtenidos en la concentración de metales pesados en suelo urbano, son evidentes durante la temporada de otoño los valores altos en Ni, Co y V encontrados en la zona Residencial modalidades Media-Alta y Residencial Popular. Sin embargo para la temporada primavera en la zona Residencial Popular, se mantiene prácticamente como la zona con niveles de concentración más bajos de estos metales. Sólo en el caso del V durante la temporada de primavera, el valor más alto de concentración se encontró en la zona de Comercio y Servicios. Lo anterior puede estar dándose por que en otoño es temporada seca que puede dar las condiciones atmosféricas que propician la deposición de partículas en el suelo y dispersión de estos elementos derivados de la

dinámica urbana inmersa en los usos de suelo. Se ha planteado la influencia que tiene del clima desértico y las condiciones meteorológicas en la concentración y dispersión de material particulado, concluyéndose su relación con mecanismos de la baja humedad que pueda mantener los suelos húmedos evitando el movimiento de polvo y limpiar la atmosfera (Campos *et al.*, 2006; Campos *et al.*, 2007). Asimismo Murray *et al.* (2004) al evaluar las concentraciones de metales pesados en la superficie de suelo en las zona residencial, comercial e industrial obtuvieron concentraciones mayores de Pb y Ni en el área industrial con medias de 150 mg/kg y 58 mg/kg respectivamente. En otros resultados los niveles medios de Ni de 22,2 mg/kg y Pb de 66,2 mg/kg fueron reportados para suelos urbanos en Beijing (Chen *et al.*, 2005). En general la movilidad de los metales y su potencial de toxicidad se producen en los niveles de pH más bajos y dependen de un metal vinculante a través del intercambio de cationes (Scheyer & Hipple, 2005). Al depositarse en el suelo, son principalmente retenidos en los horizontes superficiales y gradualmente presentan una serie de procesos de retención semejantes a los que aparecen en suelos naturales, con la salvedad de que suelen ser incorporados en mayores concentraciones

y bajo formas complejas muy variables, dependiendo de la fuente contaminante (García & Méndez, 2003). Al no poder ser destruidos sino neutralizados, es necesario seguir estudiando aquellos cuyas características los hace ser más tóxicos (Ortiz *et al.*, 2007). Esto tiene mayor magnitud en las zonas urbanas por el alcance que puedan tener a la salud pública y al manejo de organismos como la vegetación, ya que para Carpena & Pilar (2007) la presencia de los metales pesados en suelo representa riesgos para las aguas superficiales y subterráneas por los procesos de lixiviación, además de los efectos en plantas al ser absorbidos y la posible afectación a la cadena trófica. Se hace necesario el estudio cuando se dan niveles muy altos de biodisponibilidad, tanto los elementos esenciales como los no esenciales pueden ser tóxicos (Carpena & Pilar, 2007). En este caso es importante considerar que cuando el suelo es saludable y los árboles están presentes, es más eficaz preservar el suelo existente, por tal motivo cuando la estructura del suelo se cambia, las propiedades físicas y biológicas se pierden (Hanks & Lewandowski, 2003). Las propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas del suelo controlan en gran medida los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reac-

tor complejo que sirve de elemento protector de otros medios más sensibles frente a elementos contaminantes. Se debe tomar en cuenta que el suelo ejerce un poder de amortiguación o capacidad natural de depuración de la contaminación. Esta atenuación de los elementos nocivos contaminantes se realiza por una serie de procesos físico-químicos. Todas las reacciones están estrechamente controladas por algunas propiedades del suelo como su textura, estructura, porosidad, capacidad de intercambio catiónico, pH y la actividad microbiológica (Ortiz *et al.*, 2007). No obstante, este patrón de características en la ciudad puede estar circunstanciado por las situaciones que se derivan de la dinámica urbana en cada uno de los usos de suelo y los patrones de desarrollo urbano a corto, mediano y largo plazo, lo que implicaría poner mayor atención en aquellas zonas que se consideren parte de la infraestructura básica que pueda prestar un servicio ambiental en la mitigación de la contaminación ambiental, como son las áreas verdes, recreativas y los corredores ecológicos que puedan contribuir al mejoramiento de la calidad ambiental considerando que el estado del suelo es parte importante de su funcionalidad. Al asociar la presencia de estos metales en suelo, puede ser que su origen y destino estén incidiendo en las partículas encon-

tradas con los estudios atmosféricos en la ciudad de Chihuahua, ya que se ha logrado detectar en la composición de estas partículas la presencia de pequeñas cantidades de algunos elementos como el Ti, Pb y Cu (Campos *et al.*, 2006; Campos *et al.*, 2007). En general la presencia de metales pesados en las zonas urbanas puede atribuirse en su mayoría al tránsito vehicular más que a la densidad de población (López *et al.*, 2006). En este sentido en la Tabla 1 se presenta una relación de las fuentes de emisión y el rango de concentraciones encontradas con estos elementos, considerando la estimación de presencia natural, límites en cuanto a la norma y las posibles causas que explican su presencia en el ambiente urbano, pudiendo destacar las concentraciones encontradas de Pb. En un ambiente urbano para el crecimiento de los árboles, los suelos son un factor importante que presenta desventajas por las modificaciones en sus condiciones al retirar la tierra fértil, uso como relleno, uso para material de construcción, cubrimiento y colindancia con pavimentos e impedimentos de drenaje. Para un éxito de las plantaciones a nivel urbano es necesario comprender las características del suelo, que pueden afectar el crecimiento de los árboles (Forestry Council, 2001).

Tabla 1. Relación de metales pesados elementos encontrados con ICP en suelo urbano, fuentes de emisión y rangos de concentración

Table 1. Heavy metals relation found with ICP in urban ground, sources of emission and ranks of concentration.

Elemento detectado por ICP	Fuentes de emisión natural reportada	Fuente de emisión detectada en el estudio	Contenido total en suelo*	Rango de concentración obtenida	Límite permisible en suelo según NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004
<b>Ni</b>	Todos los suelos y es liberado por emisiones volcánicas, meteoritos, suelos de los océanos (ATSDR, 2005),	Industria, aleaciones o compuestos, procesos de combustión, incineración de basura y tránsito vehicular	1-200 mg/kg	Rango 4,48±1,2 a 17,21±1,2 mg/kg	Suelo agrícola, residencial, comercial oscilaría en 1600 mg/kg  Suelo industrial sería de 20,000 mg/kg
<b>Co</b>	Rocas, el suelo, el agua, plantas y animales (ATSDR, 2004)	Industria, aleaciones, escape de vehículos, producción y uso de aleaciones y compuestos de cobalto	1-40 mg/kg	Rango 3.376±0.5 a 5.79±0.5 mg/kg	No especificado
<b>V</b>	Corteza terrestre y en las rocas, en ciertos minerales de hierro y en depósitos de petróleo crudo (ATSDR, 1995)	Residuos de material foliar, aleaciones especiales de acero usado en partes de automóviles, resortes y rodamientos	3-230 mg/kg	Rango 8,64±1,14 a 20,14±1,14 mg/kg	Suelo agrícola, residencial y comercial 78 mg/kg  Suelo industrial un máximo de 1000 mg/kg
<b>Pb</b>	Corteza terrestre (ATSDR, 2007)	Remanentes de gasolina, minería, industria y de quemar combustibles fósiles, soldaduras y cañerías	3-189 mg/kg	Rango 4±1,30 a 1714,70 mg/kg	Suelo agrícola, residencial y comercial 400 mg/kg  Suelo industrial 800 mg/kg

## CONCLUSIONES

Los suelos evaluados dentro de la ciudad de Chihuahua comprueban la presencia de Ni, Co, V y Pb en los diferentes usos de suelo siendo influenciada en algunos casos por los efectos de la interacción entre la temporada-tipo de uso de suelo además de la temporada-especie. El efecto de la interacción temporada-tipo de suelo en la concentración de metales, pueden estar incidiendo las condiciones climáticas en la dispersión de estos metales y la disponibilidad en el suelo. Además de esto la dinámica urbana, como es el caso del tránsito vehicular, la quema de residuos y combustible. Se hace necesario poner atención tanto en la zona Residencial modalidad Media-Alta y Residencial modalidad Popular por presentar los valores más altos de estos metales en este estudio. En el caso del Pb, en la zona de la Industria Pesada fue evidente su alta concentración que rebasó los límites máximos permisibles para este uso de suelo, lo cual implicaría implementar acciones como la fitorremediación. Las concentraciones obtenidas de Ni y V para los usos de suelo evaluados no rebasan la normatividad, por lo cual proporciona evidencia para considerar el suelo con un gran valor como indicador de la calidad del suelo

urbano. Se recomienda que en la planeación urbana sean tenidos en cuenta los análisis de suelo para garantizar la eficiencia en el desarrollo urbano y tomar de base como un indicador asociado al mejoramiento de la calidad de vida. Esto puede incidir en la toma de decisiones para desarrollos habitacionales y en el conocimiento técnico para los programas de reforestación urbana dirigidos a mitigar la contaminación ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATSDR, 1995. *Resumen de Salud Pública. Vanadio (Vanadium) CAS # 7440-62-2*. División de Toxicología. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. Estados Unidos.
- ATSDR, 2004. *Resumen de Salud Pública. Cobalto CAS#: 7440-48-4*. División de Toxicología. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. Estados Unidos.
- ATSDR, 2005. *Resumen de Salud Pública. Níquel CAS#: 7440-02-0*. División de Toxicología. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. Estados Unidos.
- ATSDR, 2007. *Resumen de Salud Pública. Plomo CAS#: 7439-92-1*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Estados Unidos.

- BECKETT, P., P.F. SMITH & G. TAYLOR, 2000. Effective Tree Species for Local Airquality Management. *Journal of Arboriculture* 26:1:12-19
- BIASIOLI, M, H. GRICMAN, T. KRALJ, F. MADRID, E. DÍAZ-BARRIENTOS, & F. AJMONE-MARSAN, 2007. Potentially Toxic Elements Contamination in Urban Soils: A Comparison of Three European Cities. *J. Environ. Qual.* 36:70–79.
- CAMPOS, A., G.I. ALCARAZ, E.F. HERRERA, M. SOSA, J. JIMÉNEZ, M. DELGADO, E. RAMÍREZ & S. PUGA, 2007. Análisis temporal de las concentraciones, distribución de tamaño y morfología de partículas suspendidas menores a 10 micras en la ciudad de Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 3 (1): 44-5.
- CAMPOS, A., 2006. *Evaluación de Partículas Atmosféricas PST y PM10 en la ciudad de Chihuahua, México: Niveles de Concentración, Composición Elemental e Identificación de Fuentes Emisoras*. Tesis Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- CARPENA, R.O. & M.B. PILAR, 2007. Claves de la fitoremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 16(2).
- CHEN, T.B., Y.M. ZHENG, M. LEI, Z.C. HUANG, H.T. WU, H. CHEN, K.K. FAN, K. YU, X. WU & Q.Z. TIAN, 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere* 60:542–551
- FORESTRY COUNCIL, 2001. *Soil and Trees. Community Trees*. Community Tree Steward Program. Iowa Urban and Community. Iowa State University.
- GARCÍA, J.C. & F.R. MÉNDEZ. 2003. *Aplicación del análisis multivariante al estudio del comportamiento de suelos de cultivo de regados con aguas residuales urbanas no depuradas*. 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa Lleida, 8-11 de abril.
- HANKS, D. & A. LEWANDOWSKI, 2003. *Protecting Urban Soil Quality: Examples for Landscape Codes and Specifications*. USDA-NRCS.

- INEGI. 2007. *Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua*. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México.
- MURRAY, K.S., D.T. ROGERS & M.M. KAUFMAN,. 2004. Heavy Metals in an Urban Watershed in Southeastern Michigan. *J. Environ. Qual.* 33:163-172.
- NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Diario Oficial. 2 de Marzo de 2007. Segunda Edición.
- LOMBI, E., F.J. CHAO, S.J. DUNHAM & S.P. MACGRATH, 2001. Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soils: Natural Hyperaccumulation versus Chemically Enhanced Phytoextraction. *J. Environ. Qual.* 30:1919-1926.
- LÓPEZ S.C., P.E. PERELMAN, M. RIVARA, M. A. CASTRO & A. FAGGI, 2006. Características del suelo y concentración de metales pesados a lo largo de un gradiente de urbanización en Buenos Aires, Argentina. *Multequina* 15: 69 - 80.
- ORTÍZ, B.I., J.G. SANZ, M.V. DORADO & S.F. VILLAR, 2007. *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Informe de Vigilancia Tecnológica. Universidad de Alcalá. Dirección General de Universidades e Investigación. España.
- ORNELAS, M.H., L.H.A. SANÍN, F. DÍAZ-BARRIGA, S.A.L. REZA & I. ROMIEY, 2007. Evaluación de riesgo de intoxicación por plomo en la zona urbana aledaña a una fundidora en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua*. I (1): 26-35.
- ISTVÁN, P. & J.B. JONES, 1997. *The Handbook of Trace Elements*. CRC Press, Boca Raton, FL. 223 p.
- PUGA, S., M. SOSA, T. LEBGUE, C. QUINTANA & A. CAMPOS, 2006. Contaminación por Metales Pesados en Suelo Provocada por la Industria Minera. *Revista Ecología Aplicada*. 5 (1): 149-155.
- SIERRA, R.V., 2006. *Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial*. Tesis. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Ingeniería, Departamento de Ciencias del Suelo. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre.
- SEDESOL & GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, 2001. *Plan de desarrollo urbano del centro de población de Chihuahua, Segunda Actualización (1998-2001)*. Secretaría de Desarrollo Social. Gobierno del Estado de Chihuahua. Chihuahua. México.



SCHEYER, J.M., & K.W. HIPPLE, 2005. *Urban Soil Primer*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.

SUBDIRECCIÓN DE CATASTRO, 2004. *Plano General de la Ciudad de Chihuahua*. Departamento Técnico, Municipio de Chihuahua, México.

WISEMAN, P.E., 2007. Surviving in an Urban Soil. CVNLA Short Course. *Urban Forestry Virginia Tech*. Virginia Tech.

Recibido: 05/2009

Aceptado: 10/2009