

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO DEL VERTEDERO DE PAVIA, ESTADO LARA

Eduviges Y. MONTILLA M.¹ Xiomara PIÑA² & Lue M. MARCO P.³

¹UCLA, Decanato de Ciencia y Tecnología, Dpto. Manufactura y Producción. Correo-e.: emontilla@ucla.edu.ve

²UPTAEB, Dpto. Sistema de la Calidad y Ambiente, Lara. ³UCLA, Decanato de Agronomía, Dpto. Análisis Instrumental

RESUMEN

La contaminación del aire, suelo y agua por la presencia de metales provenientes de fuentes naturales o antropogénicas, es un problema a nivel mundial. La toxicidad y alta persistencia de estos elementos representan riesgos para los organismos e incluso para la salud humana. Los vertederos son fuentes de contaminación debido a que en ellos se descargan desechos que contienen materiales peligrosos, por lo tanto se hace necesario realizar un monitoreo con el fin de llevar registro sobre los niveles de contaminación existentes. En función de esto se estudió la concentración de Cu, Cr, Pb, Fe, Cd, Zn y Ni presentes en suelo del Vertedero de Pavia, del Estado Lara. Para esto se tomó como unidad de estudio el patio industrial y residencial del vertedero, las muestras recolectadas fueron digeridas con ácido nítrico grado analítico, la determinación de metales se realizó a través de espectroscopía de absorción atómica con llama, se obtuvo mayor concentración de metales en el patio industrial que en el patio residencial. Asimismo, las concentraciones de metales en el patio industrial fueron: de 539 mg/Kg para Cr, 4.746 mg/Kg de Zn y 511 mg/Kg de Pb, valores que superan los límites establecidos en la normativa venezolana Decreto 2635 sobre concentraciones de metales en suelo.

Palabras Claves: Contaminación, cromo, residuos peligrosos, relleno sanitario.

ABSTRACT

Air pollution, soil and water by the presence of metals from natural and anthropogenic sources, is a worldwide problem. The high toxicity and persistence of these elements represent risks to organisms and even human health. The landfills are sources of contamination due to discharge material therein hazards considered, it becomes necessary to perform a monitoring in order to keep record of the levels of existing metal contamination. According to this a study is made of metals Cu, Cr, Pb, Fe, Cd, Zn and Ni present in soil in the landfill of Pavia, in Lara State. To this was taken as the unit of study, industrial and residential courtyards of the landfill, the collected samples were digested with nitric acid analytical grade, the determination of metals was made by atomic absorption spectroscopy with flame, producing values of concentration studied metals higher in the industrial yard compared to the residential

courtyard. Also, was obtained in samples from industrial courtyard concentrations of 539 mg/kg for Cr, 4746 mg/kg Zn and 511 mg/kg of Pb, values that exceed the limits established in the norm Venezuelan Decree 2635 on concentrations of metals in soil.

Key words: Contamination, chromium, hazardous residues, landfill.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen muchos problemas ambientales como consecuencia del desarrollo industrial, tecnológico y del crecimiento demográfico, éste último ha incrementado la demanda de bienes y servicios, lo que conlleva a la generación de altos volúmenes de desechos; lo que ha provocado un deterioro ambiental y daños, no sólo a la salud del hombre sino a todas las formas de vida; como ejemplo de estas alteraciones tenemos el cambio climático, la desertificación, contaminación de suelo, agua y aire, extinción de especies, entre otros (BORDEHORE, 2001).

Aunado a ello, el proceso de industrialización a nivel mundial ha producido un incremento alarmante en los volúmenes de desechos peligrosos, cuya toxicidad, complejidad y heterogeneidad química, así como los altos costos de tratamiento y disposición final, han ocasionado un impacto negativo al ambiente y la salud del hombre.

Dentro de los problemas graves de contaminación ambiental producto de la generación y utilización de productos tóxicos y peligrosos, se encuentra la contaminación del suelo y agua, (DÍAZ, 2001); en este contexto, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2002) estimó en 1999 entre 300.000 y 1.500.000 el número de zonas o áreas contaminadas por tóxicos en Europa occidental, cifras que en sí mismas demuestran la gravedad del problema.

Por otro lado, la LEY DE RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS (1980) de Estados Unidos define "residuo peligroso" como: aquel residuo que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente.

De igual forma la normativa venezolana (LEY SOBRE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS, 2001) define al desecho peligroso como material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que

presenta propiedades peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas, que conserva o no sus propiedades físicas, químicas o biológicas y para el cual no se encuentra ningún uso, por lo que debe implementarse un método de disposición final. El término incluye los recipientes que los contienen o los hubieren contenido. Asimismo la Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos (DECRETO 2635) establece una clara clasificación de los desechos peligrosos que incluye a todo aquel desecho que presenta características peligrosas como sustancias que pueden por algún medio, después de su tratamiento o eliminación, dar origen a otra sustancia que también presenta características peligrosas o generar un producto de lixiviación que exceda las concentraciones máximas permisibles para lixiviados.

Dentro de este contexto se incluyen a los desechos que contengan metales como residuos tóxicos y peligrosos, éstos debido a su naturaleza química no son biodegradables y usualmente presentan una elevada toxicidad para los organismos vivos, (MORENO, 2005) ello debido a la alta persistencia en el entorno y al no tener la mayoría de ellos una función biológica definida (CHICÓN, 2004).

La disposición final del residuo en general está ligada a la generación de sus emisiones; en los vertederos de basura se generan reacciones químicas y biológicas entre los constituyentes de la materia orgánica e inorgánica de productos tóxicos (lixiviados) los cuales son arrastrados por el agua de lluvia contaminando el suelo, las aguas superficiales o subterráneas (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1998). Esto ocurre cuando el vertedero no se construye aplicando la tecnología correcta; es decir, debe poseer sistema de recogida y eliminación de lixiviado, cobertura de protección a base geotextil o geomembranas (LAGRECA *et al.*, 1998).

Es así como, los sitios de disposición final de residuos, llamados vertederos, cuya función es la disposición de los residuos sólidos en tierra, que no causen daños a la salud pública (DECRETO 230) están entre las actividades generadoras de residuos peligrosos potencialmente contaminantes del suelo y aguas. Se estima que millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, industriales, hospitalarios y escombros son vertidos cada año de forma incontrolada o "controlada" en terrenos más o menos próximos a los núcleos de generación urbanos o rurales, en el mundo.

En nuestro caso, estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2009) estima que en nuestro país se generaron 25.296,84 ton/día de basura lo que representa un incremento del 9,44% con respecto al año anterior y que un 43% de estos son dispuestos en vertederos a cielo abierto, y para el Estado Lara establece que la generación per cápita esta alrededor de los 1.100 ton/día.

Aunado a lo anterior, encontramos que en las investigaciones realizadas en el campo de los residuos sólidos en nuestro país indican en general la falta de control y monitoreo de los sitios de disposición final (AGELVIS *et al.*, 1999) y la influencia negativa de estos en los ecosistemas cercanos (RED ARA, 2011).

Con respecto al Vertedero de Pavia, GÓMEZ (2007), evaluó la concentración de Pb, Cd, Cu, Cr, Ni Ag y Mn, y determinó que la concentración de los metales estudiados varía en los diferentes puntos de muestreo, siendo la zona del vertedero identificada como restos de jardín el que presenta los niveles más altos en cuanto a la concentración de los metales analizados; y señala que al vertedero llegan residuos considerados peligrosos que al acumularse allí representan un riesgo o fuente de contaminación al ambiente.

Asimismo, recomienda realizar saneamiento y/o tratamientos especiales de los patios que presentan condiciones de riesgos con el objeto de prevenir la migración de los metales a cuerpos de agua y causar daños a la salud y al ambiente.

De manera similar MACCHI, (2006) en la evaluación realizada al suelo del vertedero de Pavia encontró que las concentraciones de arsénico oscilan entre 37,65 ppm y 78,58 ppm en muestras de suelos recolectados en diferentes zonas del Vertedero y las concentraciones de mercurio oscilan entre 128,08 ppm y 156,90 ppm.

En función de lo anterior se evidencia la importancia de medir el nivel de metales en el suelo de vertedero con el fin de determinar su potencial riesgo ambiental; y contribuir con el registro de evaluación del mismo. Para esto el estudio consistió en tomar muestras de suelo de dos zonas del Vertedero de Pavia y medir las concentraciones totales de los metales Cu, Cd, Cr, Fe, Zn, Ni, y Pb.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 6 muestras de 1 Kg cada una; 3 del patio industrial y 3 del patio residencial en el Vertedero de Pavia, ubicado en el municipio Iribarren, del Estado Lara a una profundidad de 30 cm, conservadas en bolsas plásticas con cierre hermético hasta su traslado al laboratorio de Análisis Instrumental de la UCLA.

Con las muestras recolectadas se formó una muestra compuesta de cada zona del vertedero, una vez homogenizada se pesó por triplicado 0,5 g de cada una. Las muestras se pesaron en un beaker de 25 mL de capacidad y se procedió a la digestión abierta en plancha de calentamiento con ácido nítrico grado analítico, para lo cual se agregó 10 mL de ácido y se llevó a calentamiento por una hora, los beaker se cubrieron con vidrio de reloj. Finalmente cada muestra se paso a través de un filtro Whatman N°40, el filtrado se recogió en un balón aforado de 10 mL de capacidad, completando el aforo con agua deionizada. Las muestras

digeridas fueron conservadas en envases plásticos para su posterior análisis.

El agua empleada para preparar las soluciones fue destilada y deionizada (18MΩ). Todos los materiales de laboratorio fueron lavados con solución jabonosa, posteriormente con agua destilada y ácido nítrico al 10% V/V para finalmente curarlos con agua destilada y deionizada repetidas veces.

La determinación de los metales en las muestras de suelo se realizó a través de un Espectrofotómetro de absorción atómica de llamas, Marca: Varian, Modelo: SpectrAA-20. Se prepararon soluciones de diferentes concentración a partir de soluciones patrones de 1000 ppm de Cu, Cr, Fe, Zn, Cd, Ni y Pb; para realizar las curvas de calibración.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado en Barquisimeto, Estado Lara.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron las concentraciones de metales en las muestras de suelo identificadas como: M1; muestra del patio donde se descargan los residuos industriales, y M2 muestra del patio donde se descargan los residuos provenientes de zonas residenciales.

En la tabla 1 se comparan los valores de las concentración total de metales obtenidas para las muestras de suelo con los límites permisibles establecidos en materia de suelos contaminados, en la legislación venezolana, según el Decreto 2635, artículo 49, en relación a la mezcla suelo/contaminante.

Tabla 1. Concentración Total Promedio (media \pm S, n=3) de metales en las muestras de suelo

Metal	Concentración (mg/Kg)		
	M1	M2	Decreto 2635
Cu	149 \pm 20	107 \pm 55	--
Cr	539 \pm 66	17 \pm 8	500
Fe	134.297 \pm 7.002	21.113 \pm 2.348	--
Zn	4.746 \pm 1.458	231 \pm 52	500
Cd	3.826 \pm 1.589	3 \pm 1	10
Ni	55 \pm 20	26 \pm 3	--
Pb	511 \pm 80	69 \pm 0	500

Se observa que, en general, las concentraciones totales de los metales analizados de la muestra M2 no superan las concentraciones máximas permitidas para los metales regulados por el Decreto, como son: Cr, Zn, Cd y Pb; sin embargo, los valores obtenidos de estos metales para la muestra M1 están por encima de los límites permitidos, destacándose la concentración de Zn la cual supera 9 veces el valor límite.

Con respecto a los metales no regulados en la norma como Cu, Fe y Ni, se observa que el comportamiento es el mismo; es decir, la concentración es mayor en la muestra del patio industrial que en la residencial.

Si bien estos metales no están contemplados en la norma venezolana cuando se compara con valores internacionales se puede apreciar que están dentro de los rangos establecidos, por ejemplo en la legislación mexicana (NOM-004-SMARNAT-2002) establece un valor para la concentración de Cu de 4300 mg/Kg, y el valor obtenido para M1 es de 140 mg/Kg y M2 107 mg/Kg.

Se observa también, como el valor de la concentración de hierro tanto en la zona industrial como residencial supera en gran medida los valores de las concentraciones de los otros metales. Sin embargo, es

importante señalar que el Fe es un macronutriente que se encuentra también de manera natural en los suelos.

En la figura 1 se muestran los valores promedios de las concentraciones totales de Cu, Cr, Zn, Cd, Ni y Pb obtenidos para las muestras de suelo M1, M2, y la comparación con los valores de los metales regulados en la norma venezolana, como lo son Cr, Zn, Cd y Pb.

En la figura 2 se puede observar como el valor de la concentración de Fe es mayor en la zona correspondiente al patio industrial (M1) 134.297 mg/Kg con respecto a la zona del patio residencial (M2) 21.113 mg/Kg, con lo cual conserva el mismo comportamiento con respecto a los otros metales.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de este estudio indican que la zona correspondiente a la descarga de residuos industriales posee mayor concentración de los metales estudiados en comparación con la zona de descarga de residuos del patio residencial. Asimismo se pudo determinar que los valores de las concentraciones de los metales Cr, Zn, Cd y Pb en las muestras del patio industrial superan los límites establecidos en el decreto 2635 referidos a las concentración de metal de la mezcla suelo/contaminante.

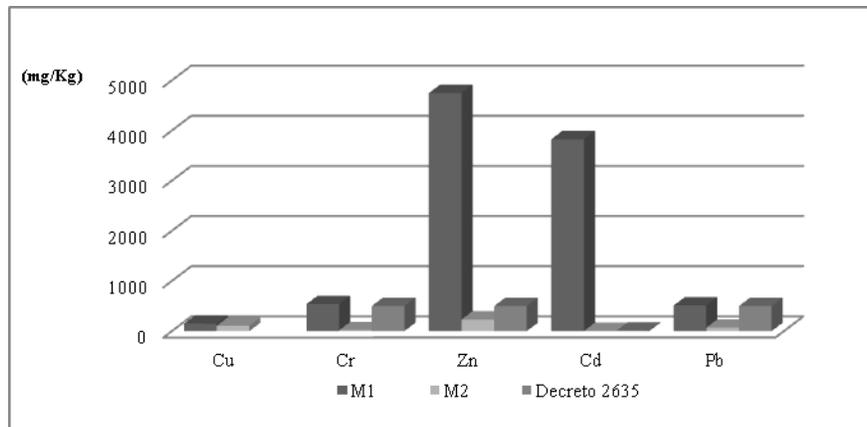


Fig. 1. Concentración de metales en las muestras M1, M2 y su comparación con lo establecido en el Decreto 2635.

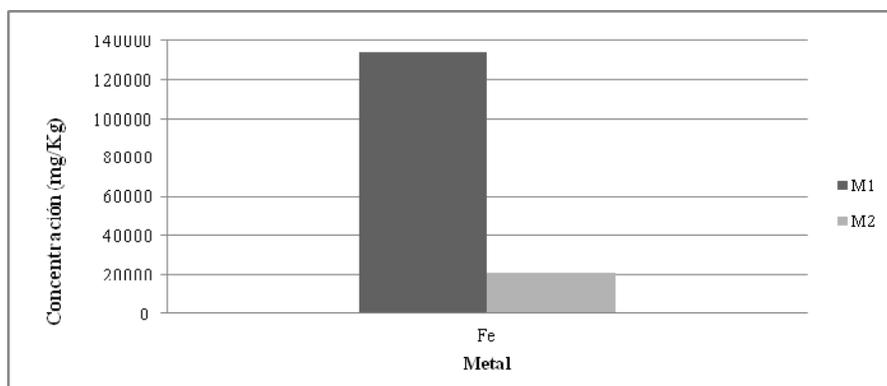


Fig. 2. Concentración de Fe en las muestras M1, M2.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en parte gracias a la financiación del Proyecto RAG-001-2007 del CDCHT-UCLA, RLA 010 de ARCAL, ZAEA y RCT-001-2011 del CDCHT-UCLA

REFERENCIAS

- AEMA-PNUMA. 2002. Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa. Un desafío para el siglo XXI. *Problemas medioambientales*, 16: 1 – 34
- AGELVIS R., H. NARANDO, M. RINCONES & R. SÁNCHEZ. 1999. Diagnóstico de la Situación Actual de Algunos Sitios de Disposición Final en Venezuela. *Revista de la Facultad de Ingeniería* 14: 17 – 32p.
- BORDEHORE C. 2001. *Sociología Ambiental. Problemas Ambientales, Problemas Humanos*. Grupo Editorial Universitario, España, 41p.
- CHICÓN L. 2004. Prevención y Control de la Contaminación. *Spin Cero*. Cuaderno de Ciencias, 8: 103 – 106.
- DECRETO 230. 1990. Normas Sanitarias para Proyecto y Operación de un Relleno Sanitario de Residuos Sólidos de Índole Atoxico. Gaceta Oficial 34600. Venezuela.
- DECRETO 2635. 1998. Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. Gaceta Oficial Extraordinaria 5245. Venezuela.
- DÍAZ J. 2001. *Desarrollo de un Sistema Integrado para la Monitorización “in situ” de Metales Pesados*. Universidad Politécnica de Cataluña. España. Tesis Doctoral. 300 p.
- GÓMEZ L. 2007. Evaluación del potencial de migración de metales pesados en suelos del vertedero controlado con técnicas de relleno sanitario de Pavia. *Enlace Científico* 7: 49 – 78.
- INE – INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2009. Generación y Manejo de Residuos Sólidos en Venezuela, Años 2000, 2006 y 2007. *Boletín Residuos Sólidos* 1: 1 – 2.
- LAGRECA M., P. BUCKINGHAM & J. EVANS. 1998. *Gestión de Residuos Tóxicos*. McGraw Hill, México 1261 p.
- LEY DE RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS. 1980. Environmental Protection Agency. USA.

- LEY SOBRE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS. 2001. Gaceta Oficial de la República de Venezuela 5554. Venezuela.
- MACCHI L. 2006. *Remoción de Arsénico y Mercurio utilizando la Lombriz Rojas Californiana (Eisenia Foética) como biorremediación de Suelos y Vermicompost contaminados con dicho elemento*. UNEXPO. Trabajo de Grado para optar al título de ingeniero Químico, inédito, 89 p.
- MORENO M. 2005. *Valoración del residuo de rapa de uva como bioadsorbente para la eliminación de cadmio de efluentes acuosos*. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Trabajo de Grado Maestría. 102 p.
- RED ARA. 2011. *Aportes para un Diagnóstico de la Problemática Ambiental de Venezuela*. Informe Técnico. Red ARA. 59 p.
- TCHOBANOGLIOUS G., H. THEISEN & S. VIGIL. 1998. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw Hill, México, 1107 p.