

Evaluación de Impacto Ambiental en Suelo contaminado con Pb y Cd provocado por una empresa minera en la ciudad de Chihuahua

M. Sosa^{1*}, B. Reyes¹, M. Moreno^{1y2}, S. Mirando², J. Alcalá¹, C. Quintana¹, S. Puga¹

¹Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua. (UACH). Periférico R. Almada km 1 Chihuahua, México

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV). Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, C.P. 31109. Chihuahua, México. miriam.moreno@cimav.edu.mx

Recibido 28 mayo 2007, revisado 09 septiembre 2007, aceptado 11 noviembre 2007

The effect of global warming on drybean and maize production on the highlands of Mexico.

Abstract

The pollution of the soil is a loss of this resource, besides the pollutants constitute a risk for the environment and the health of the persons. Lead (Pb) and cadmium (Cd) are very toxic elements for the alive organisms and some times arrive of waste industry mining. The objective of this study was to evaluate the level of pollution by Pb and Cd in the waste of a mining company out of service, in bordering areas to the company. The study was realized in the south-oriental zone of Chihuahua's city. 30 soil samples was taken of 0 to 10 cm of deep in areas with population and recreative bordering to the mining company. The concentration of Pb and Cd was obtained by spectrophotometry of atomic absorption. The results were analyzed in agreement to international standards. There were generated graphs of Batelle's environmental quality. The analysis of Pb shows very high levels in some adjacent sampling points to the source pollution and Cd appears in a more homogeneous way and with relative risk. The evaluation of environmental impact indicates that between 90 % and 60 % of the samples points exceed some standards for Pb and 80 % and 40 % for Cd. The south-east zone of Chihuahua's city is a pollution area by this mining company.

Key words: lead, cadmium, soil, pollution, environmental quality.

Resumen

La contaminación del suelo es una pérdida de este recurso, además los contaminantes constituyen un riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas. Plomo (Pb) y cadmio (Cd) son elementos muy tóxicos para los organismos vivos y en algunas ocasiones provienen de desechos de la industria minera. El objetivo de este estudio fue evaluar el nivel de contaminación por Pb y Cd en los desechos de una empresa minera fuera de servicio, en áreas aledañas a la empresa. El estudio se realizó en la zona sur-oriental de la ciudad de Chihuahua. Se tomaron 30 muestras de suelo de 0 a 10 cm de profundidad en áreas con población y recreativas aledañas a la empresa minera. La concentración de Pb y Cd se obtuvo por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados se analizaron de acuerdo a normas internacionales. Se generaron gráficas de calidad ambiental de Batelle. El análisis de Pb muestra niveles muy altos en algunos puntos de muestreo adyacentes a la fuente de contaminación y el Cd se presenta de una manera más homogénea y con relativo riesgo. La evaluación de impacto ambiental señala que entre el 60% y 90% de los puntos muestreados sobrepasan algunas normas para Pb y de 40% a 80% para Cd. La zona sureste de la ciudad de Chihuahua es un área contaminada por esta empresa minera.

* Autor de correspondencia
E-mail: msosac@uach.mx

Palabras clave: plomo, cadmio, suelo, contaminación, calidad ambiental.

Introducción

El suelo era considerado como un medio con capacidad prácticamente ilimitada para almacenar y ser depósito último de residuos contaminantes sin originar efectos nocivos, al menos inmediatos (IGME, 1996). Un suelo contaminado puede definirse como aquel donde se encuentran presentes uno o más materiales peligrosos y/o residuos de toda índole y que pueden constituir un riesgo para el ambiente y la salud (Saval, 1999). La contaminación de un suelo supone en sí misma, una pérdida de un recurso natural, pero además los contaminantes pueden alcanzar determinados receptores produciendo efectos negativos en los mismos. De este modo surge el concepto de riesgo probabilidad de que un determinado fenómeno adverso ocurra, entonces, lo que se valora es la probabilidad de que la contaminación de un suelo produzca efectos en determinados receptores como son la salud humana y el medio ambiente (IGME, 1996). Los procesos químicos y físicos naturales, como la alteración por exposición a la intemperie, escurrimientos y precipitaciones hacen que el plomo se esté transfiriendo constantemente entre el aire, el agua y el suelo (ATSDR, 1993). Generalmente el plomo en suelo se deposita a una profundidad de 2 a 5 cm. de la superficie y este puede originarse como resultado de escurrimientos a partir de una fuente de contaminación fija (Case et al., 1989). La valoración de riesgos ambientales y su posible impacto ambiental ha sido uno de los pilares sobre los que se ha hecho descansar la investigación y gestión de suelos contaminados. El modelo de valoración de riesgos fue propuesto por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y posteriormente adaptado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para suelos contaminados (EPA, 1989). Más tarde, este mismo modelo es el que se ha impuesto como estándar también en la Unión Europea. El riesgo ambiental asociado a la contaminación de suelos se valora a partir de la concurrencia de tres factores: la concentración de contaminantes en el suelo, la exposición a la contaminación por diferentes vías y la toxicidad de las sustancias. Los suelos no contaminados tienen concentraciones de Pb

inferiores a 50 mg kg⁻¹, los que sí están contaminados en muchas áreas urbanas exceden los 200 mg kg⁻¹, mientras que zonas próximas a las minas de plomo, a las industrias que emplean este metal y a las fundiciones pueden tener niveles de contaminación del suelo superiores de 60 000 mg kg⁻¹ (Nriagu, 1979). Dentro de los efectos más nocivos causados por el plomo se encuentra el daño que provoca en los niños que tienen deficiencias de hierro, proteínas, calcio y/o zinc, ya que absorben con mayor facilidad el plomo, cuya mayoría se almacena en los huesos (Mahaffey et al., 1982). Esto puede originar problemas en la salud, al respecto García et al. (1999), señala problemas graves de plomo en sangre en niños que asisten a escuelas cercanas a una fundidora. El cadmio es otro metal tóxico que se encuentra de forma natural como CdS o CdCO₃, normalmente o como impureza en minerales a 3 kg Cd/ Zn ton, así como en Pb y Cu. Los compuestos de Cd son muy tóxicos; la sobre exposición aguda a humos con Cd puede causar daño pulmonar, mientras que la exposición crónica se asocia con daños renales y con un aumento de riesgo de cáncer (Csuros y Csuros, 2002). El cadmio ingresa al medio ambiente por fuentes antropogénicas como la minería, la metalurgia, la combustión de carbón y de petróleo, por la mala disposición y acumulación de residuos sólidos peligrosos municipales y quema de plásticos. Este elemento tiende a depositarse y adherirse a la materia orgánica del suelo; sin embargo, parte de él se disuelve en agua, por lo que puede llegar a los cuerpos de agua (Lide, 1997). En base a lo señalado el objetivo de este estudio fue analizar el impacto ambiental que se ha generado producto de los desechos de una empresa minera, específicamente por Pb y Cd sobre el suelo en áreas urbanas.

Material y métodos

El estudio se realizó en un área muy poblada, con varias escuelas, centros de atención a la salud y recreativos que se encuentran en la colonia Ávalos, situada al sur-oriente de la ciudad de Chihuahua, Chih. México. En este lugar desde principios del siglo pasado se encuentra ubicada una empresa

minera dedicada a la fundición de metales. Se tomaron 30 muestras de suelo de un kg a una profundidad de 0 a 10 cm, seleccionando las zonas con mayor población en el área de influencia de los desechos mineros, a una distancia hasta de 6 km de la fuente de contaminación. La chimenea de la compañía fue el punto de referencia para la movilización de los puntos muestreados al azar, se proyectó una tendencia sistemática para obtener muestras de suelo que no tuvieran perturbación o adición de materiales recientes. Las muestras se procesaron según el método de digestión por microondas EPA 3051 en el equipo de la marca CEM, modelo MDS 2000 y se analizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica de la marca GBC, modelo Avanta Σ , el cual fue calibrado con materiales de referencia certificados de la marca High Purity.

Los impactos ambientales en relación a Pb y Cd se determinaron tomando como base la Canadian Council of Ministers of the Environmental (CCME, 1999) y la Environmental Protection Agency (EPA, 2001). Para definir el nivel de impacto ambiental se utilizó el método de clasificación propuesto por Sosa (2001) considerando: de no impacto (NI), si el contaminante no estuvo presente; impacto leve (IL), cuando hay presencia del contaminante, impacto moderado (IM) si el contaminante rebasa el 50% del límite recomendado o permisible e impacto significativo (IS) cuando se rebasaron los límites recomendados o permisibles.

Así mismo, se elaboraron curvas de calidad ambiental de acuerdo al método de Batelle (1972) para determinar que calidad ambiental se encuentra en la zona de estudio y analizar su impacto ambiental.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de las muestras de suelo con las concentraciones de plomo se muestran en la Tabla 1 y la cantidad más alta de Pb es de 10 137 mg kg⁻¹. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para Cd y la concentración más alta es de 349.46 mg kg⁻¹. Los resultados de las muestras analizadas de Pb, y la clasificación de impactos ambientales de Pb, y la clasificación de impactos ambientales que se muestran en la Tabla 1, nos indican que más del 90% de ellas están muy por encima de los límites permisibles de acuerdo a la CCME (1999) encontrando impacto significativo. También se encontró impacto significativo de acuerdo a la EPA (2001) y a la metodología propuesta por Sosa (2001). Los resultados del análisis de Cd y la clasificación de impactos ambientales se muestran en la Tabla 2, encontrando que el 33% de las muestras presentan concentraciones más altas que los límites permisibles por la CCME (1999).

Tabla 1. Análisis químico cuantitativo de plomo a muestras de suelo y su impacto ambiental según CCME (1999), EPA (2001) y SOSA (2001).

Sitio	Pb (mg kg ⁻¹)	ImpactoCC ME	Impacto EPA	Sitio	Pb (mg kg ⁻¹)	Impacto CCME	Impacto EPA
1	2717	IS	IS	16	2516	IS	IS
2	7921	IS	IS	17	202	IL	IL
3	3467	IS	IS	18	4612	IS	IS
4	9802	IS	IS	19	888	IS	IS
5	10137	IS	IS	20	590	IL	IM
6	2380	IS	IS	21	1224	IS	IS
7	2708	IS	IS	22	197	IL	IL
8	1136	IS	IS	23	161	IL	IL
9	1590	IS	IS	24	118	IL	IL
10	1769	IS	IS	25	457	IM	IL
11	1792	IS	IS	26	956	IS	IM
12	1892	IS	IS	27	316	IM	IM
13	1444	IS	IS	28	265	IL	IL
14	416	IM	IM	29	222	IL	IL
15	217	IL	IL	30	196	IL	IL

* IN= No Impacto, IL= Impacto leve, IM=Impacto moderada, IS= Impacto significativo Sosa (2001).

Tabla 2. Análisis químico cuantitativo de cadmio a muestras de suelo y su impacto ambiental según CCME (1999), EPA (2001) y SOSA (2001).

Sitio	Cd (mg kg ⁻¹)	CCEM	EPA	Sitio	Cd (mg kg ⁻¹)	CCEM	EPA
1	175.08	IS	IS	16	5.19	IL	IS
2	248.0	IS	IS	17	4.19	IL	IS
3	0.199	IN	IL	18	0	IN	IN
4	51.82	IS	IS	19	12.5	IL	IS
5	24.56	IS	IS	20	2.99	IL	IS
6	3.19	IL	IS	21	2.39	IL	IM
7	0.39	IN	IN	22	1.99	IL	IL
8	2.59	IL	IM	23	2.59	IL	IM
9	145.09	IS	IS	24	2.79	IL	IM
10	349.46	IS	IS	25	4.79	IL	IS
11	202.63	IS	IS	26	7.38	IL	IS
12	3.21	IL	IS	27	8.33	IL	IS
13	213.24	IS	IS	28	1.79	IL	IL
14	31.54	IS	IS	29	24.59	IM	IS
15	12.57	IL	IS	30	11.79	IL	IS

* IN= No Impacto, IL= Impacto leve, IM=Impacto moderada, IS= Impacto significativo Sosa (2001).

En el caso de este elemento se presentó la mayor cantidad de puntos con impacto significativo tomando en cuenta el límite máximo permisible por la EPA (2001). En las Fig. 1 y 2 se presentan las curvas de calidad ambiental de Battelle para Pb tomando en consideración la EPA (2001) y CCME

(1999) respectivamente, y encontramos que es más estricta la evaluación del índice de calidad ambiental respecto a la CCME, ya que prácticamente la totalidad de las muestras presentan bajos índices de calidad ambiental.

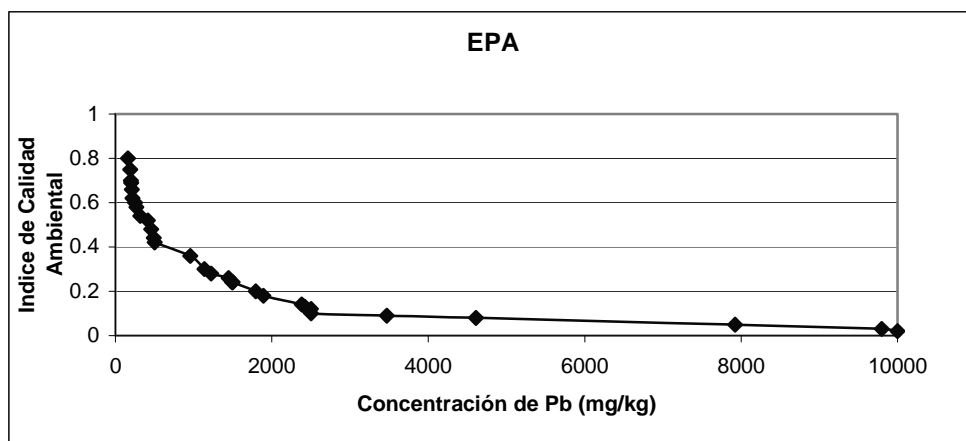


Figura 1. Curva de Battelle tomando en cuenta los límites máximos permisibles para Pb en suelo de uso residencial según EPA (2001).

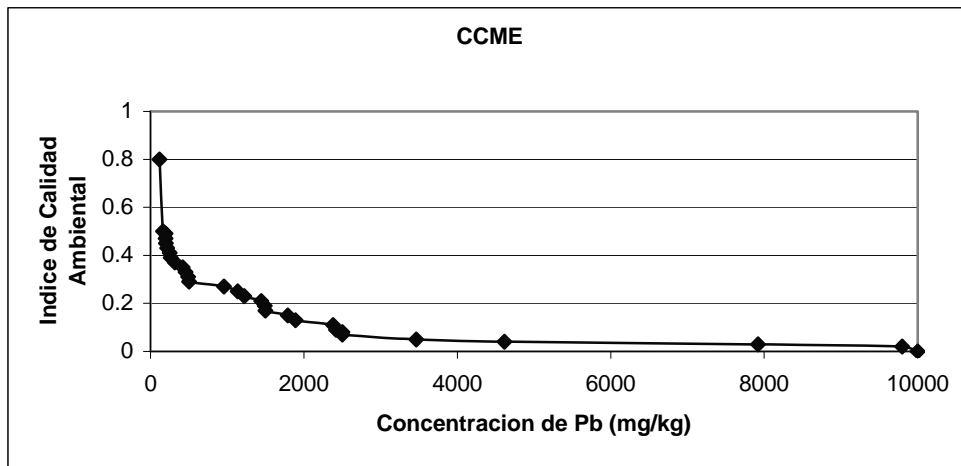


Figura 2. Curva de Battelle tomando en cuenta los límites máximos permisibles para Pb en suelo de uso residencial según CCME (1999).

En el caso del Cd el límite permisible por la EPA se encuentra diez veces abajo del permitido por la CCME, y esto se refleja en las Fig. 3 y 4, por lo que en la curva de Battelle correspondiente a la EPA se observa que solo tres puntos se encuentran dentro del límite permisible por normatividad.

Las concentraciones encontradas en el presente estudio para Pb y Cd nos indican que el nivel de riesgo de estos desechos tóxicos afectan la salud del ser humano tomando en cuenta los límites máximos permisibles por normatividad y considerando que se

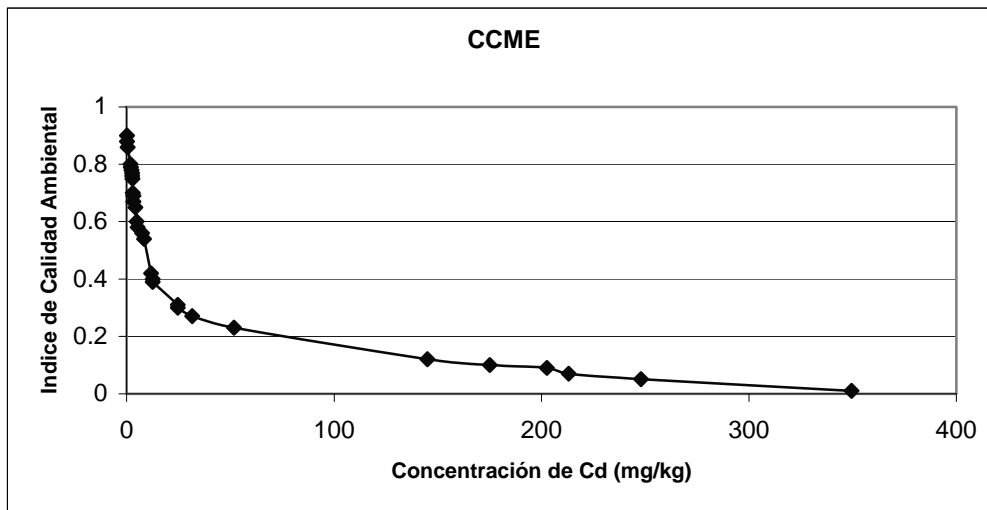


Figura 3. Curva de Battelle tomando en cuenta los límites máximos permisibles para cadmio en suelo de uso residencial según CCME (1999).

trata de un núcleo poblacional con alta densidad e incluso cuenta con áreas donde se reúnen grupos de personas vulnerables, que visitan los centros de salud, escuelas, conjuntos e instalaciones deportivas siendo las más tradicionales en la ciudad. En el análisis de Pb se encontró que algunos sitios de muestreo rebasan hasta 50 veces el límite recomendado como aceptable por la CCME (1999) de 140 ppm, lo que demuestra el alto riesgo y peligro que implica para los habitantes que viven en esa zona o que practican alguna actividad deportiva durante los fines de semana en los campos cercanos a los patios de la empresa minera. En las muestras 1 a la 13, 16, 18, 19, 21 y 26 se encontraron impacto significativo de acuerdo a la metodología propuesta por Sosa (2001) y tomando como base la normatividad de la EPA (2001) que es de 400 mg kg⁻¹ como máximo, se encontró que el impacto significativo es consistente con la CCME, excepto

en la muestra 19 la cual se considera con impacto moderado.

Con ambas referencias no se encontró ningún sitio sin impacto. En el análisis de Cd se encontró que algunos sitios de muestreo rebasan hasta 5 veces el límite recomendado como aceptable que es de 10 mg kg⁻¹ para suelos de uso residencial según la CCME (1999). Las muestras 1, 2, 4, 5, 9, 10, 11 y 13 presentan impacto significativo de acuerdo a la evaluación propuesta por Sosa (2001). Los resultados obtenidos de Cd de acuerdo con la normatividad de la EPA (2001) que es de 1 mg kg⁻¹, muestran que además de los encontrados como significativos para CCME también tenemos que las muestras 16, 17, 19, 25, 26, 27, 29 y 30 presentan impacto significativo. Al observar las curvas de calidad ambiental de Battelle encontramos que la presencia de estos contaminantes prácticamente afecta toda el área de estudio, pues no existe ningún sitio con calidad ambiental 1.

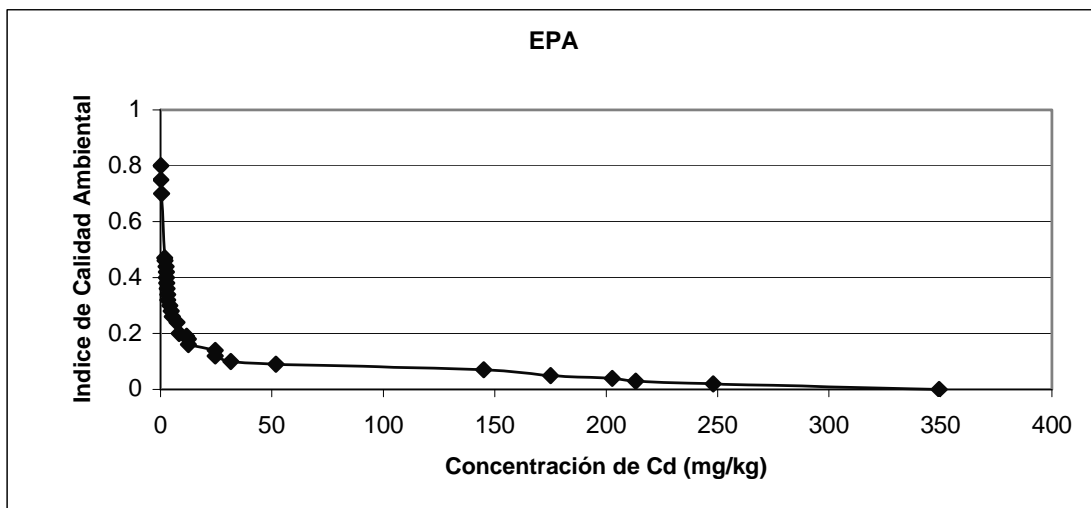


Figura 4. Curva de Battelle tomando en cuenta los límites para Cd los máximos permisibles para suelo de uso residencial según EPA (2001).

Conclusiones

Los jales que se encuentran en los patios de esta empresa minera son un problema latente de contaminación debido a las altas concentraciones de Pb y Cd que contienen y sobre todo por que se encuentra dentro del área urbana, por lo que es importante realizar estudios posteriores para determinar el impacto ambiental que representan los demás elementos que puedan estar presentes tanto en los jales como en el suelo de esta área. Es urgente la implementación de medidas de mitigación, considerando los resultados obtenidos en este estudio, en toda el área de trabajo y monitorear el nivel de contaminación de Pb y Cd en aire, vegetación y agua en esta zona.

Respecto a los jales, es necesario realizar un confinamiento o recubrirlos con tierra y materia orgánica para establecer algunas especies de plantas y evitar así la propagación de los contaminantes.

Bibliografía

- ATSDR (1993). *Toxicological profile for lead*. Final Report of the Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta Ga. p. 2-4, 6-7.
- Battelle Institute (1972). Environmental Evaluation Systems. U.S. Department of the Interior. Gov. Print. Office. USA.
- Case J.M., Reif C.B. y Timko A. (1989). Lead in the bottom sediments of Lake Nuangola and fourteen other bodies of water in Luzerne County, Pennsylvania. *Journal of the Pennsylvania Academy of Science* 63:67-72.
- CCME (1999). Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the environment.
- Csuros M. y Csuros C. (2002). *Environmental sampling and analysis for metals*. Lewis Publisher. p. 372
- EPA (2001). Lead: Identification of Dangerous Levels of Lead; Final Rule, 40 CFR Part 745.
- García V.G.G., Rubio A. M., Del Razo J. V., Borja A. E.V., Aguilar M. y Cebrián G. (1999). Lead exposure in children from urban areas in the Region Lagunera, Mexico. *Toxicological Sciences* 48: 329.
- IGME (1996). La investigación de suelos contaminados en el IGME. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España. p 2-7.
- Lide R.D. (1997). *Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press 78th edition. BocaRaton, FL. p. 112-119
- Mahaffey K.R., Rosen J.F., Cheney R.W., Peeler J.T., Smith C.M. y De Luca (1982). Association between age, blood lead concentration, and serum 1, 25 dihydroxycholecalciferol levels in children. *Am J. Clin. Nutr.* 35: 1327-1331.
- Nriagu G. (1979). Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*; 279: 409-411.
- Saval S. (1999). Exitos y fracasos de la remediación de suelos en sitios contaminados con hidrocarburos. En: Siebe C. *Conservación y Restauración, México*.
- Sosa M. (2001) Modificaciones al método de matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Suplemento 1:52
- EPA (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund*. Vol. I: Human Health Evaluation Manual. Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89/002.