

## Ensayos

# El tiradero de basura del municipio de

Oaxaca de Juárez y su impacto en el medio subterráneo:

¿Es necesario preocuparse?

### Resumen

En el municipio de Oaxaca de Juárez y conurbados, la disposición de residuos sólidos municipales se ha realizado por más de dos décadas en un predio localizado a una altura de 1500-1640 m.s.n.m delimitado por asentamientos humanos y corrientes superficiales. La frecuencia de ésta práctica ha favorecido una actitud indiferente de los sectores público, privado y social ante los riesgos de contaminación que puede generar la misma sobre los elementos naturales; particularmente el suelo, subsuelo y los recursos hídricos. Con el fin de motivar una reflexión que permita considerar, plantear, y dirigir esfuerzos de monitoreo y protección ambiental en torno a dicha problemática, y como resultados de la primera etapa del proyecto "Evaluación de la contaminación subterránea generada por el tiradero municipal de la ciudad de Oaxaca", clave SEMARNAT2002C01-0097 se presenta en este trabajo la influencia que tienen los lixiviados en el acumulamiento de metales y metaloides en terrenos ubicados en las márgenes de las corrientes superficiales y represa captadora de las mismas.

### Abstrac

For more than two decades, in the Municipality of Oaxaca de Juárez and surrounding areas, the disposal of municipal solid residues has been carried out on a site located at an altitude of 1500-1640 meters above sea level, and bordering human settlements and surface streams. The frequency of this practice has led to an attitude of indifference on the part of social, public and private sectors towards pollution risks which could expand to other natural areas especially to soil, subsoil, and water resources. With a view to motivating reflection that would enable us to consider, propose and direct attempts to monitor and protect this problematic environmental situation, and as a result of the first stage of a project entitled 'Evaluation of underground pollution generated by the municipal dump in the city of Oaxaca', code number SEMARNAT2002C01-0097, the present study shows the influence of lixiviates in the accumulation of metals and metalloids in land bordering surface streams and the dam into which they flow.

### Résumé

Dans la ville de Oaxaca de Juárez et ses alentours, la disposition- l'agencement des résidus solides municipaux s'est déroulée durant plus de deux décennies dans une propriété localisée à une hauteur de 1500- 1640 m.s.n.m délimitée par des installations humaines et des courants superficiels. La fréquence de cette pratique a favorisé une attitude indifférente de la part du secteur publique, privé et social face aux risques de pollution que cela peut entraîner sur les éléments naturels ; particulièrement le sol, sous-sol et les ressources hydriques. Afin de soulever une réflexion qui permette de considérer, de poser et de diriger des efforts de « management » et de protection de l'environnement autour de cette problématique et en tant que résultat de la première étape du projet « Evaluation de la pollution souterraine générée par la décharge municipale de la ville de Oaxaca », code SEMARNAT2002C01-0097, on présente dans cette étude l'influence qu'ont les lixiviations dans l'accumulation des métaux et des métalloïdes en terrains situés en marge de courants superficiels et d'une retenue d'eau qui les conserve.

Susana Margarita Navarro

Mendoza

Manuel Dino Aragón Sulik

Salvador I. Belmonte

Jiménez

**Palabras clave:** Contaminación, suelos, residuos, lixiviados, metales.



Centro Interdisciplinario de  
Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional CIIDIR-IPN-  
OAXACA

## Introducción

A nadie escapa que es prácticamente imposible conseguir que una determinada actividad económica no genere residuos. Sin necesidad de recurrir a tantos ejemplos, podemos dar cuenta que la producción de residuos es consustancial a la vida misma; debido en gran medida al crecimiento demográfico, desarrollo económico y a la escasa gestión ambiental en materia de residuos, al menos en el estado de Oaxaca.

Un aspecto esencial de la gestión ambiental, tanto pública como privada es la necesidad de sumar y dirigir esfuerzos hacia aquellos factores que implican un riesgo en la salud de los seres vivos y el mantenimiento de los ecosistemas, situación que en la mayoría de los casos, sobre todo en las comunidades rurales se hace de forma limitada.

Por su efecto en la composición y dispersión de contaminantes, los factores a considerar con mayor énfasis al disponer los residuos a cielo abierto, se encuentran su ubicación geográfica, topografía, estado geológico del terreno en que se disponen, red de drenaje superficial y subterráneo, así como el o los usos que se le dan al suelo. Estos factores en conjunto podrían facilitar su interacción con el medio subterráneo e incrementar sus efectos negativos en los seres vivos, particularmente los humanos.

Lo expuesto toma mayor relevancia debido a que con frecuencia los residuos colectados son una mezcla de no peligrosos y peligrosos.

El dar a conocer un marco general de los efectos y la situación que guarda uno de los tiraderos a cielo abierto en Oaxaca, permitirá no sólo una reflexión relacionada con la vigilancia ambiental, sino identificar elementos con los cuales se dirijan planes de acción orientadas a la caracterización y evaluación ambiental de los tiraderos en el estado, así como la restauración de los terrenos utilizados para tal efecto.

Residuos sólidos, metales pesados, y contaminación del medio subterráneo

Hoy en día la cantidad y variedad de productos potencialmente contaminantes es prácticamente inabarcable. Similar a los procesos y actividades económicas en que son utilizados. Cada producto tiene un ciclo de vida, y en su última fase se convierte en residuo o subproducto cuando es reciclable. Ambos se disponen finalmente en los tiraderos a cielo abierto y rellenos sanitarios. Las actividades económicas más comunes en

el estado de Oaxaca, en las cuales se utilizan diversos metales, se describen en la tabla 1.

TABLA 1. ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y METALES EMPLEADOS.

Usos en donde se utilizan metales	Metal utilizado
Fotografía, conductores eléctricos, soldadura, galvanización, baterías, catalizador.	Plata
Construcción, transporte, envasados, talleres de servicio eléctrico.	Aluminio
Medicina, veterinaria, aleaciones, pirotecnia, esmaltes, insecticidas, pigmentos, pintura, productos electrónicos, tintes	Arsénico
Galvanización, pigmentos, baterías, aleaciones de bajo punto de ebullición	Cadmio
Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización.	Cobalto
Metalurgia, materiales refractarios, galvanización, curtidos, pinturas, conservación de madera.	Cromo
Talleres electromecánicos, talleres de servicio, construcción, fontanería, latón, conservación de madera.	Cobre
Talleres electromecánicos, talleres de servicio,	Hierro
Baterías, cerámica.	Manganeso
Pigmentos, catalizador, aditivo en aceites lubricantes.	Molibdeno
Baterías, galvanización, catalizador en la producción de aceite combustible.	Níquel
Baterías, gasolina, pigmentos, munición, soldadura, pintura, talleres electromecánicos	Plomo
Plásticos, cerámica, vidrios, pigmentos.	Antimonio
Catalizador, pigmentos.	Vanadio
Aleaciones, galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, cosméticos y medicinales	Cinc

Los residuos, durante su descomposición o degradación son capaces de liberar diversas sustancias, dentro de estas los metales; que si como producto no era contaminante, como residuo sí lo es.

## Metales pesados y toxicidad

Los metales se encuentran de forma natural, como constituyentes del terreno en muy pequeñas cantidades (cantidades traza), debido a la propia geoquímica de los materiales de los que proceden. Sin embargo al superar dicha cantidad se consideran contaminantes.

Se considera contaminante toda sustancia que tiene el potencial de presentar un riesgo de dañar a la salud humana o cualquier otro valor medioambiental. Por el plazo de su efecto se han clasificado como contaminantes físicos, biológicos y químicos. La predominancia y su relación directa con la inadecuada disposición de los residuos dieron pauta para que en este documento se haga referencia a los de tipo químico; particularmente metales y metaloides, los cuales por su presencia o elevada concentración puedan alterar la composición original de los medios naturales como son: el suelo, subsuelo y los recursos hídricos.

Su toxicología, ha sido poco estudiada en nuestro país, y aún cuando está fuera del alcance de este trabajo, se retoma de manera general la clasificación de Barbour y Shaw, (2000), Niebeor y Oyarzún, (2001), los cuales los clasifican en dos grupos. El primero, al que pertenecen elementos como Cu, Zn y Cr<sup>3+</sup>, e incluye aquellos requeridos por el organismo en dosis moderadas, pero que pasan a ser tóxicos al superar cierto umbral de concentración. El segundo grupo está constituido por aquellos metales que no tienen un papel identificado

claramente, al cual pertenecen entre otros el arsénico, cadmio, mercurio, plomo y cromo hexavalente.

Todos los compuestos solubles del arsénico son venenosos, adquiriendo los organismos que los consumen cierta tolerancia a los mismos. El origen natural de este queda minimizado debido al aporte que se hace artificialmente a través de la fabricación y uso de diversos productos, como los pesticidas. En países como Bangladesh (Kinniburgh D.G. and Smedley P.L., 2001) se puso en evidencia el peligro que encierra el arsénico para la salud humana, sobre todo la toxicidad debida a los compuestos inorgánicos, dentro de éstos la forma trivalente más que la pentavalente.

En las aguas naturales el cadmio no es común encontrarlo, no así en el suelo; en donde las características básicas pueden promover su precipitación o fijación en el mismo, y su acumulamiento; disminuyendo su incorporación al agua (Environmental Protection Agency, 1999).

Este metal ha sido identificado como carcinogénico, y dentro de los efectos por envenenamiento se encuentra la hipertensión arterial. Así mismo es uno de los tóxicos más peligrosos para la vida acuática, que aún a niveles subtóxicos puede disminuir el valor comercial de peces y mariscos (Curtis Lawrence and W. Smith Brian, 2002).

Por otra parte, la presencia de zinc en aguas naturales es debida a contaminación por residuos industriales. Tanto el zinc como sus sales son muy tóxicas a concentraciones, produciendo náuseas y fatiga.

El cobre se encuentra libre en la naturaleza, formando diversos compuestos de manera combinada. En aguas naturales se presenta raramente, sin embargo si ésta contiene materia orgánica coloidal, es posible que se encuentre asociada con este metal (Hossam M. Al-tear, 2001). Las formas minerales son tóxicas para la vida acuática, siendo los peces quienes ofrece mayor sensibilidad a este ión; en especial la trucha. En ocasiones su muerte no es debida a la acción directa del ión cobre, sino a la desoxigenación producida por éste en las aguas donde habitan.

El cromo normalmente no existe libre en las aguas naturales, por lo que su presencia suele estar asociada a procesos de contaminación de origen industrial (ej. talleres de cromado, tenerías). Aunque su química es compleja, se apunta que el cromo, particularmente el hexavalente, es un tóxico muy fuerte si se inhala, pudiendo producir cáncer de pulmón en las personas ex-

puestas a éste, así también incrementa las sensibilización en la piel (Environmental Protection Agency, 1999).

El manganeso se encuentra en la naturaleza formando minerales, en el agua se asocia al contenido de hierro. Su presencia en el suelo se ha relacionado con la contaminación debida a residuos de origen industrial.

Por su parte el plomo forma sales insolubles (Environmental Protection Agency, 1999; Usman A.R.A., et.al.). Sin embargo el agua poco o nada mineralizada y con oxígeno disuelto procedente de lluvia o zonas graníticas, pueden volverlas ligeramente solubles. Estas sales de plomo tienen una toxicidad muy alta. Ingestiones o exposiciones diarias bajas en plomo pueden producir intoxicación crónica debido a que este elemento se acumula en los tejidos, especialmente en el óseo. Es un contaminante capaz de ser absorbido en fase sólida, lo que no ocurre con los demás contaminantes, quienes son absorbidos en fase líquida o gaseosa.

## Metales pesados y contaminación de suelo, subsuelo y recursos hídricos.

La contaminación inicia en la superficie, y se dispersa a través del drenaje superficial bajo varias formas (Azevedo Silveira Maria Lucia et. al., 2003). Desde la iónica; en soluciones no saturadas o sobresaturadas; en forma molecular, coloidal, iones complejos, como partículas en suspensión, ya precipitados salinos o bien por la fijación del metal en materiales arcillosos, los cuales son arrastrados hacia las partes bajas. Durante su paso se va incorporando a los suelos, por medio del riego a las plantas cultivadas, y a los humanos o animales a través del consumo de éstas. Ello, al considerar la capacidad de las raíces para solubilizar elementos metálicos contenidos en fases estables. Su transferencia al subsuelo obedece a la interacción de diversos factores (Allen D.M. and Matsuo G.P., 2002). Dentro de éstas: las propiedades químicas intrínsecas de los elementos, la superficie de interacción sólido/agua, el nivel (superficial o subterráneo) de esta interacción, y las características físico-químicas del agua y suelo; particularmente la mineralogía es muy importante por la estabilidad de los diferentes minerales a los cambios químicos y geoquímicas (Sipos Péter, 2004).

En lo referente al nivel de interacción (superficial o subterránea), el grado de oxigenación del medio posibilita la oxidación de metales como el Fe. Al respecto,

hay que considerar que las aguas de la zona vadosa (entre la superficie del terreno y el nivel freático) son relativamente oxidantes, ya que el contenido de oxígeno disuelto va disminuyendo conforme baja el nivel freático (Usman A. R.A., et.al.; Ortego, A.I., et. al., 2001).

Por la importancia que cada una de las interacciones anteriores tiene en la protección del medio subterráneo; particularmente los recursos hídricos, dichas interacciones han sido motivo de estudio en países como Holanda, U.S.A. España; aunque en nuestro país sea incipiente.

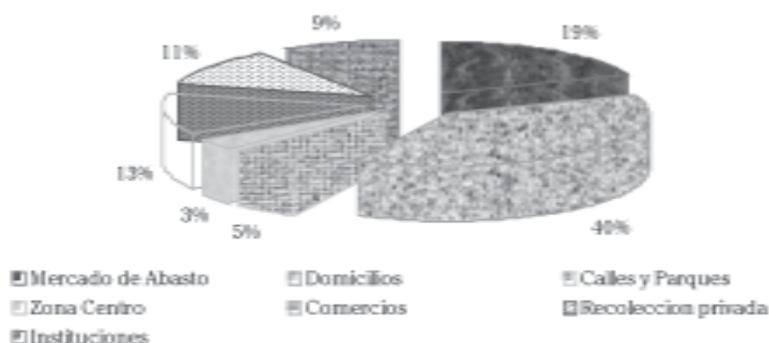
## Operación del tiradero del municipio de Oaxaca de Juárez.

### Generación de residuos municipales

El basurero municipal objeto del presente, ha operado por más de dos décadas, sin un diseño previo. En éste se reciben los residuos generados en el municipio de la ciudad de Oaxaca de Juárez y conurbados.

Debido a que no existe un estudio de generación la coordinación de servicios municipales considera una generación de 454 ton/d, dentro de éstos las 143 ton/d generadas en municipios conurbados y 65 ton/d recolectadas por los propios generadores, cuyas fuentes principales se ilustran en la gráfica 1. Dicha generación se triplica en los períodos de mayor afluencia turística; sólo en la ciudad de Oaxaca se recolectaron 800 ton/día (Coordinación de Servicios Municipales, 2004).

GRÁFICA 1. FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS MUNICIPALES



### Personal

Para operar el basurero el municipio cuenta con un promedio de 500 trabajadores quienes se encargan de la limpieza de la ciudad de Oaxaca y sus colonias; 300 de estos obreros pertenecen al servicio de limpia y el resto al de recolección de basura, ya sea en unidades

de motor, carritos manuales, carretillas y carretas tiradas por bestias, percibiendo un salario que asciende a 75 pesos diarios. Los 163 trabajadores de base y 70 suplentes barren diariamente 3 mil 200 calles (el número de trabajadores es el mismo desde hace una década). La recolección de basura se realiza en toda la ciudad de Oaxaca y 133 núcleos habitacionales (colonias, agencias, fraccionamientos, unidades habitacionales y otros asentamientos).

### Pepena

La pepena es realizada por los habitantes de las colonias aledañas y las personas que habitan en las inmediaciones de los patios de tiro, los cuales manejan precios promedio que se describen en la tabla 2.

TABLA 2. PRECIOS DE LOS RECICLABLES

Reciclables	\$/ Kg.
Cartón	0.15
Vidrio	0.05
Pet	0.15
Plástico	0.10
Latas	4.50
Metales	3.50
Otros	0.20

Al mes de febrero del 2002

F: Coord. de Servicios Municipales. 2003

### Equipo

Para la recolección de la basura cuentan con 39 vehículos recolectores, y para la compactación una máquina compactadora de 25 toneladas de peso.

### Instalaciones.

La instalación que actualmente opera es la caseta de control de acceso y de carga. La planta procesadora está en ruinas aproximadamente desde hace 15 años. La caseta cuenta con área de estacionamiento, lugar en que se le da mantenimiento a la máquina compactadora y vehículos. Funge también como almacén temporal de combustible para las máquinas que hacen la maniobra de basura.

Las obras e instalaciones destinadas a la captación y control de biogás se limitan a un tubo de PVC, a una profundidad de 20 cm. aproximadamente. Para el caso de lixiviados no se cuenta con infraestructura.

Al considerar los NOM-083-SEMARNAT-2003 y con los parámetros actuales de operación es notable que, a más

de dos décadas de uso de este tiradero, aún no cumplen aspectos como los descritos en la tabla 3.

TABLA 3. PARÁMETROS NORMATIVOS CON LOS QUE OPERA EL TIRADERO DEL MUNICIPIO DE OAXACA DE JUÁREZ.

Cumplimiento para la infraestructura del drenado de lixiviados	Cumplimiento
Pendiente mínima de trincheras para el drenado de lixiviados del 2%	No cumple
Área de acceso y espesa	No cumple
Cerca o área perimetral	No cumple
Caseta de vigilancia	Cumple
Caseta de pesaje y báscula	No cumple
Caminos permanentes	Cumple
Área de emergencia de disposición final	No cumple
Drenajes perimetrales e interiores	No cumple
Instalación de energía eléctrica	Cumple
Pocos de monitoreo de lixiviado	No cumple
Señalamientos fijos y móviles	No cumple
Sistema de captación de biogás	No cumple
Área de amortiguamiento	No cumple
Almacén y cobertura	No cumple
Área administrativa	No cumple
Servicios sanitarios	No cumple
Sistema de monitoreo de biogás	No cumple
Sistema de captación y tratamiento de lixiviados	No cumple
Fuera de zonas donde se puedan provocar deslaves	No cumple
Consideración de área de emergencia para mínimo 6 meses	No cumple

F: Coordinación de Servicios Municipales 2004

Lo anterior le permitió a la Comisión Mexicana de Infraestructura calificar al municipio de Oaxaca Ambiental en el 2002 con bajo nivel de cumplimiento, para lo cual empleo los indicadores de la tabla 4.

TABLA 4. INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO MUNICIPAL EN EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Lugar	Indicadores						
Estado de Oaxaca	1.- Impactos a la salud y al medio ambiente			2.- Eficiencia en el sistema			Indicador total
municipio de OAXACA	Relleno sanitario	Recuperación de biogás	Indicador de 0-3	Organismo operador	Cobertura de recolección	Indicador de 0-5	
	0	0	0	0	100	40	20

F: Agencia de Cooperación Técnica Alemana (2003).

### Eventos en el sitio

Si sólo el manejo de los residuos es un problema, éste es más complicado cuando se sobrepone con aspectos políticos. En repetidas ocasiones, el manejo y disposición de la basura ha sido motivo de negociaciones entre autoridades municipales, colonos, barrenderos, pepenadores. No se tienen registros de eventos especiales más allá de incendios, así como su cierre temporal por situaciones de tipo político, cuya reapertura se condiciona a la introducción de servicios (eléctrico principalmente), a la fecha no cubierta.

La indefinición de competencias, la falta de gestión en esta materia, en determinado momento convierte al tiradero en un botín político, haciendo que las auto-

ridades propongan acciones que generen únicamente notas periodísticas, y como tal de aparente solución. A lo anterior se suma la disposición de residuos domésticos con residuos peligrosos.

### Tareas de saneamiento

Las tareas de saneamiento que se realizan, han sido centradas a la adquisición y operación de una máquina compactadora de basura; equipo de 25 toneladas que se encarga de triturar los residuos, desbarata los brumos, rompe las bolsas y confina la basura (Coordinación de servicios municipales, 2003). La aplicación de cubierta sobre la basura, la compresión de la misma y la precipitación pluvial, hace que prácticamente se «exprima» la misma, y emerjan los lixiviados.

FOTOGRAFÍA 1. LIXIVIADOS EN LAS ZONAS DE COMPACTACIÓN DE BASURA



La situación actual pone en evidencia que las acciones hasta ahora realizadas no han sido suficientes para proteger a los medios naturales como el suelo, subsuelo y agua (superficial y subterránea), donde sus consecuencias hasta ahora son poco conocidas.

### Preocupaciones de la comunidad.

Aunque son visibles los lixiviados en la superficie, en los perfiles del suelo cercanos al tiradero, los habitantes desconocen sus posibles efectos, y concentran su preocupación en la cantidad y calidad de agua, energía eléctrica, drenaje y escuelas. Motivos de negociación con los diferentes niveles de gobierno como ya fue descrito.

El problema generado por la inadecuada disposición de los residuos en el tiradero, no sólo queda en éste, sino que se prolonga en épocas de lluvia hacia las colonias asentadas en su entorno, principalmente la colonia Renacimiento (norte del tiradero) y las ubicadas en las laderas del sureste del tiradero, cuyos efectos son detectados por los olores emanados después de cada lluvia.

FOTOGRAFÍA 2. ACUMULAMIENTO DE LIXIVIADOS EN ZONAS LOTIFICADAS



FOTOGRAFÍA 3. ESTADO DEL SUELO DESPUÉS DE HABERSE SECADO LOS LIXIVIADOS.



En época de lluvia y seca, los lixiviados se comportan como escurrimientos perennes, llegando a una represa localizada a 4 km aproximadamente. Ejidatarios y comuneros de Zaachila manifiestan que ésta fue construida para usarse como abrevadero, sin embargo dicha obra no se aprovecha por estar afectada negativamente con los lixiviados. Con el tiempo la misma, se ha convertido en un almacenamiento temporal de suelo y agua contaminada, que se libera por el canal de demasías hasta el río Atoyac cuando se está en franca temporada de lluvias.

FOTOGRAFÍA 4. DETALLE DE LA INFILTRACIÓN Y ESCURRIMIENTO DE LIXIVIADOS A HORIZONTES INFERIORES DEL SUELO



La composición de los lixiviados es compleja, resaltando sus características básicas con alto contenido mineral, y presencia de metales. Ello implica que el agua de escorrentía arrastre hacia los terrenos ubicados aguas abajo, sustancias solubles e insolubles, de tal forma que dichos terrenos presentan contenidos considerables de las sustancias mencionadas.

### Impacto del tiradero en el ambiente

Los impactos generados por el tiradero se han potenciado por el tipo y pendiente del terreno, ya que a través de la red de drenaje son conducidos lixiviados,

agua superficial y sedimentos a lo largo de 4 km. aguas abajo. De tal forma que el agua captada en la represa, en promedio alcanza los 8.588lt/s, generando además una acumulación de sedimentos y una carga potencialmente contaminante en el entorno del área de captación, llegando al río Atoyac en la época de lluvia.

FOTOGRAFÍA 5. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL TRANSPORTADOR DE LIXIVIADOS



FOTOGRAFÍA 6. REPRESA LOCALIZADA A 4 KM.APROXIMADAMENTE.



Las diferencias en los puntos de muestreo no se observan con claridad, por tanto los metales determinados se totalizaron, con la finalidad de distinguir las diferencias que tienen los puntos de muestreo respecto al sitio donde se ubica el tiradero. De esta manera en la gráfica 2 es observable que las zonas próximas al tiradero, particularmente en donde hay contacto con lixiviados es donde se presenta mayor contenido de metales. Es importante subrayar que el arroyo conduce lixiviados y los diferentes aportes superficiales, incluyendo el de un manantial, el cual desemboca en la represa.

GRÁFICA 2. PERFIL DEL CONTENIDO TOTAL DE LOS METALES (CONSIDERADOS) EN LAS MUESTRAS DE SUELO



Ello implica que los suelos y aguas de dicha red de drenaje posean elevados contenidos de dichos elementos, los que son posteriormente transferidos a los sedimentos. De ahí que los suelos presenten contenidos, notablemente anómalos. Esta situación se estima se esté presentando en la zona de asentamientos humanos, ya que en décadas anteriores fungió como área de tiro la cual posteriormente fue cubierta por asentamientos humanos actuales.

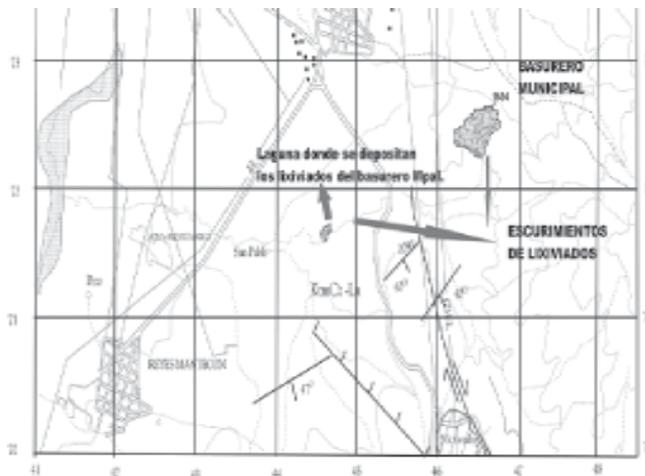
TABLA 5 CONTENIDOS DE METALES (PPM) EN MUESTRAS DE SUELO

Muestra	Profundidad De Muestreo (m)	As	Ba	Cd	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Margen 1 de arroyo	1.35	111.7	338	0.98	10.6	39.9	61.7	41770	401	30.9	29	147
Margen 2 de arroyo	1.2	13.4	294	1.21	8.3	33.5	38.9	48890	455	24.9	18	113
Terreno 1, agua abajo	4.5	111.8	261	0.7	10.6	49.4	49.6	39060	364	23.9	29	118
Terreno 2 agua abajo	1	6.7	69.9	nd	6	34.1	9.9	17540	241	8.5	11	43.8
Lecho de arroyo	1	5.6	136	nd	8	24.2	18.1	26370	414	11.3	9.3	64.1
Zona habitacional	9	14	1131	0.9	6.7	44.1	64	29000	235.3	31	25	137

NOTA: Lectura directa de la solución en el LC-ICP (Plasma). N.D. No detectado por el método utilizado.

Lo anterior permite identificar como zonas potencialmente contaminada, áreas adyacentes al tiradero, márgenes de la red de drenaje, entorno inmediato de la represa y el escurrimiento alimentado por ésta; con alta probabilidad de continuarse a través del río Atoyac.

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL TIRADERO DE BASURA, ESCURRIMIENTO DE LIXIVIADOS, REPRESA Y RED DE DRENAJE QUE DESEMBOCAN EN EL RÍO ATOYAC.



Carta topográfica de INEGI, esc. 1:50,000

Ahora bien, respecto a los lixiviados, propiamente no hay normatividad en el país, sin embargo por las características de los cuerpos receptores y la fuente generadora, para estos efectos se comparan con la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996), que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Se hizo de esta manera por que finalmente los lixiviados son una constante descarga, no sólo hacia el suelo y subsuelo, sino a corrientes superficiales de agua, incluyendo el río Atoyac como se observa en la figura 1.

En este sentido y al menos en un muestreo exploratorio los lixiviados (considerados como descarga) están fuera de límites. Aunque hay que subrayar que esta comparación se hace con fines de contextualizar su estado, ya que de ninguna manera se comparan sus concentraciones.

## Residuos y sus consideraciones en la evaluación ambiental

La contaminación, desde el punto de vista medioambiental, es la alteración de las características físicas, químicas o biológicas de los factores medioambien-

tes en grado tal que supongan un riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas. En este sentido los medios naturales como el suelo y agua (superficial y subterránea) pueden tener efectos muy diversos, desde el riesgo tóxico para la salud humana hasta pérdidas de recursos naturales y económicos. Dentro de los principales efectos se encuentran:

- Por inhalación: problemas alérgicos y respiratorios
- Por ingestión: por desconocimiento al cultivar suelos contaminados.
- Por contacto directo con la piel: alergias y problemas cutáneos en trabajadores que manipulan suelos y/o agua contaminada.
- En aguas superficiales y subterráneas
- Generación de sedimentos
- Corrosión de estructuras o efectos en las propiedades mecánicas del suelo en las excavaciones.
- Peligro de utilización de agua de abastecimiento contaminada.
- Peligro de contaminación de los alimentos cultivados y animales de granja por utilización de agua subterránea contaminada.

Por ello, es importante no perder de vista aspectos que permitan evaluar y distinguir entre situaciones que presentan un alto potencial de impacto de aquellas cuyo potencial es moderado o bajo.

La similitud que guardan los tiraderos en nuestro estado permite plantear aspectos generales que pueden potenciar las áreas de afectación. Dentro de los cuales se encuentran:

Situación geográfica. Al respecto es evidente que aquellos tiraderos situados en zonas altas o por arriba de asentamientos humanos, en la naciente de sistemas hidrográficos que alimentan sistemas de riego y abastecen de agua potable a pueblos y ciudades, merecen una especial preocupación.

El fracturamiento y/o alteración en el medio geológico guardan similar importancia a los factores anteriores, ya que dependiendo del tipo de fracturas y la dirección de las mismas se podría facilitar el paso de las soluciones; desde la superficie hacia los estratos inferiores, con posibilidades de alcanzar al acuífero. Además pueden contribuir a la disolución de sus minerales contenidos en las mismas por el contacto con los lixiviados de los residuos, al tiempo que implican un factor de inestabilidad geotécnica (Barrera Bucio Mauricio

et al., 2004). En el caso de depósitos de residuos, la granulometría del material tiene un efecto decisivo

Es necesario tomar en cuenta que los efectos causados por un suelo contaminado son, en general, a largo plazo y en ocasiones las consecuencias no se detectan de inmediato por lo que los peligros potenciales pueden tardar décadas en manifestarse con efectos de gran magnitud. Por lo que para prevenir y/o evitar los impactos es indispensable dar cumplimiento a la NOM-083-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

## Conclusiones

Existen sólidas razones para afirmar la especial importancia que reviste la protección de suelos, aguas superficiales y subterráneas; ya sea por consumo directo a través de su consumo como agua potable, o indirectamente como agua de riego. Su contaminación puede afectar la salud de la población humana.

La probabilidad de que los tiraderos a cielo abierto se conviertan en un pasivo ambiental es muy amplia, por lo que es necesario evaluar su peligrosidad.

Para enfrentar el problema de los planes de cierre de tiraderos es imprescindible realizar estudios caso a caso, utilizando los conocimientos y herramientas científicas, así como los criterios entregados por la experiencia de situaciones similares. Ello puede simplificar los procedimientos en muchos casos, y concentrar la atención en aquellos que requieren la máxima precaución y vigilancia, además de la aplicación de medidas de recuperación.

Es importante considerar que la mayoría de los procesos químicos que ocurren en los sistemas geológicos sólido/agua se desarrollan lentamente, de ahí que la relativa estabilidad del sistema no podrá ser comprobada antes de varias décadas, una razón adicional para evaluar de modo realista los riesgos involucrados, y procurar remediarlos efectivamente

En zonas potencialmente habitables, la situación se agrava en muchos casos cuando las áreas contaminadas acaban teniendo otros usos, muchas veces incompatibles con el grado de contaminación existente en el suelo y subsuelo.

Los tiraderos a cielo abierto son resultado de la falta de una gestión ambiental adecuada, cuyas consecuencias no sólo son resentidas por los medios naturales como el suelo, subsuelo y agua (superficial y subterránea), si no en algún momento puede afectar la salud humana 

## Bibliografía

AGENCIA DE COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA.

2003. La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos. "Proyecto de Apoyo a la Gestión de Residuos Sólidos en el Estado de México". México

ALLEN D.M. AND MATSUI G.P.

2002. Results of the Groundwater Geochemistry Study on Hornby Island, British Columbia. Victoria, B.C.

ÁLVAREZ CAMPANA GALLO J. MANUEL.

2001. Contaminación del suelo debida a procesos industriales. Valencia, España.

AZEVEDO SILVEIRA MARIA LUCIA ET. AL.

2003. Biosolids and heavy metals in soils Scientia Agricola, v.60, n.4. Brazil.

BARRERA BUCIO MAURICIO ET AL.

2004. Influencia de la succión en los cambios volumétricos de un suelo compactado. Publicación Técnica No. 239 Instituto Mexicano del Transporte. Queretaro, México.

BARBOUR A.K. Y SHAW, I.C.

2000. Ecotoxicological impacts of the extractive industries en Environmental Policy in Mining (A. Warhurst y L. Noronha, eds). Londres.

BRIDGE G.

2000. The decommissioning of leach dumps and protection of water quality: lessons for best practice from copper and gold leaching operation in the United States en Environmental Policy in Mining, Londres.

COORDINACIÓN DE SERVICIOS MUNICIPALES.

2004. Informe de la Coordinación de servicios municipales. Municipio de Oaxaca de Juárez Oaxaca.

CURTIS LAWRENCE AND W. SMITH BRIAN.

2002. Heavy Metal in Fertilizers: Considerations for Setting Regulations in Oregon.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

1999. Review of Geochemistry and Available Kd Values for Cadmium, Cesium, Chromium, Lead, Plutonium

- nium, Radom, Strontium, Tritium, and Uranium. Volume II. U.S.A.
- FERRER A.  
2003. Intoxicación por metales. Unidad de Toxicología Clínica. Anales del Sistema Sanitario de Navarra Vol. 26, suplemento 1. Zaragoza España.
- KINNIBURG D.G. AND SMEDLEY P.L.  
2001. Arsenic contamination of ground water in Bangladesh. Government of the People's Republic of Bangladesh. Bangladesh.
- HOSSAM M. ALTAHER.  
2001. Factors affecting mobility of copper in soil-water matrices. Blacksburg, Virginia. U.S.A.
- LOZANO GARCÍA FRANCISCO J.  
Mecanismos de contaminación con plomo, en un suelo de la zona de Ciénega de Flores, Centro de Calidad Ambiental, ITESM. Nuevo León. Monterrey México.
- LU XIN.  
2005. The risk for heavy metal mobility from corrosion products to soil and groundwater. Master Thesis. Stockholm.
- NAVARRO MENDOZA SUSANA ET AL.  
2004. Informe de la primera etapa del proyecto «Evaluación de la contaminación subterránea generada por el tiradero municipal de la ciudad de Oaxaca», clave SEMARNAT2002C01-0097
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996.  
1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. México.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003  
2004. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. México.
- ORTEGO, A.I., ET. AL.  
2001. Geologic and environmental aspects (mine and stream water geochemistry) regarding two mercury mining districts from Chile: Punitaqui and Andacollo. R.M.Z. Materials and Geoenvironment, Ljubljana, 48, N° 1.
- OYARZÚN J.  
2001. Algunos metales y metaloides con propiedades tóxicas o carcinogénicas: distribución natural y riesgos por contaminación en Chile. Revista Chilena de Salud Pública, vol 5. Santiago de Chile.
- R. BALLANCE.  
1996. Supervisión de la calidad del agua - una guía práctica al diseño y a la puesta en práctica de los estudios de agua dulce de la calidad. Programa de GEMS/WATER UNEP/WHO.
- SABROSO GONZÁLEZ M<sup>ª</sup> DEL CARMEN, PASTOR EIXARCH ANA.  
2004. Curso sobre suelos contaminados. CEPYME Zaragoza España.
- SASSOON M.  
2000. Effective environmental impact assessment en Environmental Policy in Mining (A. Warhurst y L. Noronha, eds). Lewis Publishers, Londres.
- SIPOS PÉTER  
2004. Geochemical factors controlling the migration and immobilization of heavy metals as reflected by the study of soil profiles. PhD Theses. Budapest.
- USMAN A.R.A., ET.AL.  
Sorption, Desorption, and Immobilization of Heavy Metals by Artificial Soil. Institute of Soil Science and Land Evaluation, University of Hohenheim, Stuttgart