

# Estimación del Potencial Contaminante por Pilas en el Relleno Sanitario "San Nicolás", de la Ciudad de Aguascalientes, México

Dr. Rodolfo Trejo Vázquez<sup>1</sup>, Ing. Patricia Reyna Márque<sup>1</sup>, Ing. Ivanova Sánchez Sandoval<sup>1</sup>,  
Dr. J. Rafael Molina Contreras<sup>1</sup> y M.C. Francisco Javier Villalobos Piña<sup>1</sup>

## RESUMEN

Este trabajo es un estudio de campo cuyo objetivo fue determinar primeramente la cantidad y composición tipológica de las pilas que entran inadvertidamente al relleno sanitario "San Nicolás" en la ciudad de Aguascalientes junto con la basura doméstica, y enseguida, estimar el potencial contaminantes de las mismas, encontrándose que ingresan, aproximadamente, 6,696 pilas por día. Esta cantidad, expresada como masa de contaminantes en el relleno al final de su vida útil, representa aproximadamente 6.6 toneladas de mercurio, 145.5 de dióxido de manganeso, 92.5 de zinc, 15.1 de litio, 3.2 de níquel y 2.9 de cadmio. Ninguna previsión existe en el sitio para evitar la inminente contaminación si estas sustancias alcanzaran el suelo.

## ABSTRACT

This work is a field study whose objective was to find the amount and types distribution of the wasted batteries entering the sanitary landfill in "San Nicolas" Aguascalientes, México mixed with domestic solid wastes, and to estimate the potential

**Palabras clave:** Pilas desechadas, relleno sanitario, contaminación

**Key words:** Wasted batteries, sanitary landfill, pollution, Aguascalientes.

Recibido: 24 de marzo de 2008, aceptado: 9 de junio de 2008

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. López Mateos 1801 Ote., Aguascalientes, Ags. Correo electrónico: dr\_trejo2004@yahoo.com.mx

pollution. We found that 6696 units/day are entering the landfill, which means 6.6 tons of mercury, 145.5 of manganese dioxide, 92.5 of zinc, 15.1 of lithium, 3.2 of nickel and 2.9 of cadmium. There are not devices at the site to prevent possible pollution if these chemicals reach the ground.

## INTRODUCCIÓN

El relleno sanitario de San Nicolás es el sitio de disposición final de la basura urbana de todos los municipios de Aguascalientes desde 1998. Actualmente, recibe un poco más de 300,000 toneladas al año de basura, correspondiendo 210,000 al municipio de Aguascalientes y el resto a otros diez municipios del estado (Hernández, 2006). Planeado en cuatro etapas y con una vida útil de alrededor de 10 años, está próximo a alcanzar su saturación. Se le considera uno de los más limpios y mejor operados del país, por lo que se le ha otorgado el certificado de Administración Ambiental ISO 14001 (Aguascalientes, 2006).

Aunque por norma este relleno sanitario no admite desechos considerados peligrosos, las pilas descartadas logran ingresar a él debido a su pequeño tamaño, y a que se encuentran mezcladas con la basura doméstica.

El presente trabajo reporta el resultado de un estudio de campo cuyo objetivo fue determinar primeramente la cantidad y composición tipológica de las pilas que entran inadvertidamente al relleno sanitario de la ciudad de Aguascalientes junto con la basura doméstica, y enseguida, estimar el potencial contaminante de las mismas.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Genéricamente, se denomina pila a un dispositivo capaz de producir energía eléctrica obtenida de un proceso químico transitorio, el cual puede ser susceptible de regenerarse un cierto número de veces como el caso de las pilas denominadas recargables (Jaramillo, 2006).

La utilidad de este dispositivo es muy amplia y ha permitido a la tecnología la creación de un sinfín de aplicaciones, mismas que han dado origen a una gran variedad de pilas.

Debido a que no existe una normativa que obligue al fabricante vendedor, o al consumidor a hacerse cargo de la disposición adecuada de las pilas al final de su vida útil, éstas, sin importar su tipo, tarde o temprano van a parar a la basura, formando parte de los materiales acumulables y no degradables que hay en ella. Se estima que desde su aparición en 1960 hasta 2003, se desecharon en nuestro país alrededor de 635,000 toneladas de pilas, y que desde 2004 a la fecha, esta cifra se incrementa en unas 40,000 toneladas anuales (Castro y Díaz, INE 2004).

Redondeando cifras, casi el 30% del peso de las pilas está formado de materiales tóxicos como mercurio, cadmio, níquel, manganeso, litio y zinc. Estos contaminantes se concentran inadvertidamente y sin control en los rellenos sanitarios y tiraderos del país, con consecuencias muy graves y escasamente documentadas.

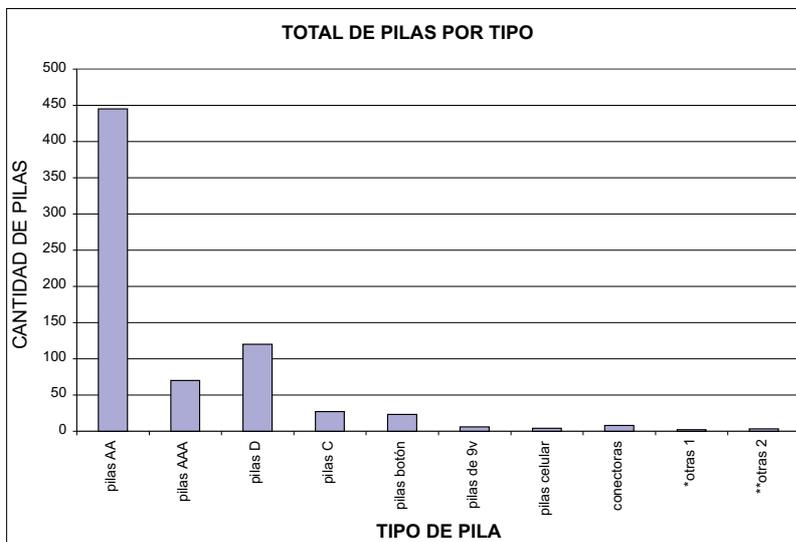
## MATERIALES Y MÉTODOS

Con la colaboración de las autoridades del relleno sanitario de San Nicolás y de un grupo de recolectores manuales de materiales reciclables, se realizó un muestreo consistente en seleccionar aleatoriamente un camión con capacidad de entre cinco y siete toneladas de basura a su llegada al relleno, para descargarlo en sitio aparte y buscar en él todos los tipos de pilas que pudiesen estar presentes entre la basura. La tarea era ardua, pero se contaba con más de 30 personas para realizarla. La operación se repitió 20 veces, con los resultados mostrados más adelante. Las pilas encontradas en cada muestreo fueron clasificadas según su tipo en pilas AA, pilas AAA, pilas D, pilas C, pilas botón, pilas de 9V (cuadradas), pilas de teléfonos celulares, pilas conectoras, y otras no clasificables en las anteriores.

A partir de los datos de campo encontrados se realizaron estimaciones tanto de la generación de pilas desechadas en Aguascalientes como de las cantidades de contaminantes presentes en el relleno, ingresados por la vía de las pilas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio mostró que en promedio hay 35.4 pilas con un peso de 1348.1 g por camión muestreado (Tabla 1). El tipo más abundante es la pila AA, como se muestra en la Figura 1.



\* "Otras 1" se refiere a un conjunto de pilas diversas, utilizadas en las cámaras fotográficas principalmente.  
\*\* "Otras 2" se refiere a un conjunto de pilas diversas de forma cuadrada o rectangular de unos 10 cm de lado o mayores, que tienen aplicaciones específicas.

Figura 1. Total de pilas por su tipo en 20 muestras.

Muestra número	Peso basura (Kg)	Peso pilas (g)	Cantidad de pilas en la muestra
1	5,800	403	22
2	5,700	2,379	43
3	6,970	1,660	61
4	7,073	810	30
5	7,040	1,560	59
6	6,570	1,990	50
7	6,640	1,480	42
8	7,590	1,230	20
9	5,800	1,100	31
10	7,790	1,730	39
11	7,320	1,760	30
12	8,220	2,060	55
13	5,970	940	22
14	7,790	1,690	31
15	7,460	1,530	26
16	6,760	730	29
17	7,320	1,150	27
18	7,340	1,110	36
19	6,340	900	30
20	5,990	750	25
<b>SUMA</b>	<b>137,483</b>	<b>26,962</b>	<b>708</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,874.15</b>	<b>1,348.1</b>	<b>35.4</b>

Tabla 1. Datos de las muestras examinadas.

Tipo	Pilas/día según muestreo	Porcentaje de recuperación estimado(*)	Datos ajustados de pilas/día
Pilas AA	2,880.07	90	3200.07
Pilas AAA	453.14	70	647.34
Pilas D	776.82	90	863.13
Pilas C	174.78	70	249.68
Pilas Boton	148.89	10	1488.90
Pilas de 9v	38.89	60	64.81
Pilas Celular	25.89	80	32.36
Conectoras	51.78	50	103.56
Otros 1	12.94	60	21.56
Otros 2	19.42	80	24.27
<b>Total de pilas</b>	<b>4,582.57</b>		<b>6,695.68</b>

Nota: (\*) Basado en la experiencia de los autores de este estudio.

Tabla 2. Cantidad promedio ajustadas de pilas por día en el relleno.

Considerando el total de basura que ingresa al relleno por día y el porcentaje de recuperación de cada tipo de pila, estimado por los propios recolectores, se calculó que en un día ingresan al relleno 6696 pilas en promedio, clasificadas como se indica en la Tabla 2, lo cual representa una proporción promedio de 0.0095 pilas por habitante y por día en el estado de Aguascalientes. En esta tabla se da un estimado de la cantidad total de pilas que hay en el relleno a partir de la cantidad que se encontró y de un factor, denominado porcentaje de recuperación estimado, y que fue determinado empíricamente por los autores de este estudio, el cual toma en consideración el grado de dificultad de recuperar la totalidad de las pilas en función de su aspecto, forma, tamaño y envoltura, ya que algunas se encuentran colocadas en compartimientos cerrados de objetos más grandes.

Proyectando estos datos al acumulado de contaminantes que se tendrá una vez que el relleno esté completo, se obtienen las cantidades mostradas en la Tabla 3.

CONTAMINANTE	CANTIDAD
Hg	6,613.17
MnO <sub>2</sub>	145,490.03
Zn	92,584.72
Li	15,166.99
Ni	3,203.64
Cd	2,883.27

Tabla 3. Kilogramos de contaminante acumulado en el relleno debido a las pilas al final de vida útil.

Entre las limitaciones que tuvo este estudio se puede mencionar que la muestra podría no ser del todo representativa debido a la cantidad de material muestreado y a que no pudo evaluarse todo un año y por tanto, pudieran haberse ponderado inadecuadamente los efectos de estacionalidad. No se pudo seguir muestreando por más tiempo debido a la disposición de las cuadrillas de recolectores manuales de materiales reciclables y al tiempo de los alumnos involucrados.

Otro factor aplicado arbitraria (pero razonablemente) fue que se usó un factor diferencial de recuperación empírico para cada pila (Tabla 2). Este factor toma en cuenta la imposibilidad física de recuperar todas las pilas presentes, y se determinó basado en experimentos de campo.

La presencia de pilas piratas no fue cuantificada de forma exhaustiva, sino aproximada, encontrándose porcentajes de pilas piratas sólo para algunos tipos (23.37% de tipo AA, 14.28% de tipo AAA y 6.66% de tipo D). Se sabe que la composición de algunas pilas piratas (especialmente las chinas) es alta en mercurio; sin embargo no fue tomada en cuenta en este estudio. Esta omisión pudiera ser compensada porque tampoco se tomó en cuenta la proporción de pilas de última generación, denominadas amigables con el ambiente, las cuales poseen contenidos reducidos de contaminantes.

Dos factores más dignos de mención es que se consideró constante la entrada diaria de basura y la proporción de pilas en ella durante toda la vida del relleno, y no se distinguió entre pilas recargables y no recargables. Todos estos factores tienen efectos compensatorios que, en opinión de los autores, no afectan el orden de magnitud de las estimaciones cuantitativas obtenidas.

En cuanto a los efectos sobre la salud humana de los contaminantes considerados (Lenntech, 2006), la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha situado al mercurio dentro de los compuestos posiblemente cancerígenos en seres humanos. Debido a su capacidad de atravesar el tejido placentario y depositarse en la leche materna puede provocar importantes daños a la salud de los recién nacidos, entre los que se encuentran las afecciones cerebrales y diversos tejidos; problemas de desarrollo; retrasos en el andar, habla o mental; falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En los adultos, la exposición constante a esta sustancia puede causar cambios de personalidad, pérdida de visión, memoria o coordinación, sordera o problemas renales o pulmonares. Respirar cadmio en grandes cantidades y en ambientes cotidianos puede producir graves lesiones en los pulmones, y cuando se consumen productos contaminados se acumula en riñones provocando incluso la muerte. Además, este elemento está considerado dentro de las sustancias cancerígenas por la Agencia Internacional para la investigación del Cáncer de la OMS.

Con respecto al níquel, su efecto más común es la reacción alérgica, pues se reporta que entre 10 y 15% de la población es sensible a él. Aun-

que en menor medida también se han reportado ataques de asma posteriores a periodos de exposición, dolores de estómago e incluso efectos adversos en sangre y riñones por la ingesta de agua altamente contaminada con este elemento. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer ha determinado que algunos compuestos de níquel son cancerígenos.

Los desechos de manganeso representan un volumen importante, pues se encuentra en las pilas alcalinas y las fabricadas a base de carbón-zinc, las cuales representan aproximadamente 76% del consumo total de pilas y baterías. La exposición prolongada a altos niveles de manganeso ocasiona perturbaciones mentales y emocionales, dificultad para moverse y coordinar, síntomas de la enfermedad conocida como manganismo.

El litio puede provocar fallas respiratorias, disminución de la función cardíaca, edema pulmonar y estupor profundo. En caso de ser ingerido, puede provocar serios problemas al sistema nervioso, lo que a su vez provoca problemas como anorexia, náusea, movimientos musculares involuntarios, apatía, confusión mental, visión borrosa, temblores, estado de coma y hasta la muerte.

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió constatar y cuantificar la presencia de las pilas desechadas en el relleno sanitario "San Nicolás". Fue posible también estimar las cantidades de contaminantes acumulados en el sitio al final de la vida útil de las pilas. Resulta muy preocupante que existan tan grandes cantidades de metales pesados en el relleno sanitario "San Nicolás", ingresadas casi inadvertidamente y desde luego, sin previsiones especiales en el sitio.

Hace falta tanto una evaluación del potencial contaminante al ambiente y de los riesgos a la salud humana de estas sustancias y de las medidas necesarias para su control en el sitio, así como un estudio de seguimiento respecto a dónde van con el tiempo estos contaminantes, y por último, una logística efectiva para evitar que las pilas vayan a dar a la basura en México, y en particular, en Aguascalientes.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Hernández Gallardo, M.A. Relleno Sanitario "San Nicolás" (2006). Comunicación Personal.
- Aguascalientes (2006). Página web del Municipio de Aguascalientes. URL: <http://www.muniags.gob.mx/cacontenido.asp?p=8648> consultado el 18 de abril de 2006.
- Jaramillo Aleida (2006). "Un mal necesario: las pilas". URL: <http://boards4.melodysoft.com/app?ID=lasnuevas&msg=181>, consultada el 25 de mayo de 2006.
- Castro y Díaz, INE (2004). Página web del Instituto Nacional de Ecología. URL: [www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap5.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap5.html), consultada el 2 de abril de 2006.
- Lenntech Agua & Tratamiento del Aire Holding b.v. URL: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Cd.htm>  
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Li.htm>  
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Zn.htm>  
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Mn.htm>  
 consultadas el 22 de abril de 2006.

**PROGRAMA DE ACOPIO Y DISPOSICIÓN DE PILAS Y BATERÍAS USADAS**

**¡Alto!**  
**Si las tiras,**  
**Contaminas!**

Las pilas usadas no se deben tirar a la basura, al agua ni enterrarlas. Son residuos tóxicos que contaminan el ambiente. Sepáralas y deposítalas en contenedores especiales para que el Ayuntamiento de Tampico las envíe a un confinamiento especial.

