

Instituto Nacional de Ecología

# LAS PILAS EN MÉXICO: UN DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (INFORME, MARZO DE 2009)

Arturo Gavilán García, Leonora Rojas Bracho y  
Juan Barrera Cordero



**GOBIERNO**  
FEDERAL

**SEMARNAT**



**Vivir Mejor**

# **Las pilas en México: un diagnóstico ambiental**

**Arturo Gavilán García  
Leonora Rojas Bracho  
Juan Barrera Cordero**

**Marzo, 2009**

# CONTENIDO

Resumen ejecutivo.....	2
1. Introducción.....	5
2. Importaciones, exportaciones, producción y consumo de pilas en México.....	5
3. Contenido de metales en las pilas en México.....	12
4. Manejo y disposición de las pilas.....	17
5. Recomendaciones y siguientes pasos.....	21
Bibliografía.....	24

Anexo I. Importaciones, exportaciones y producción de pilas y baterías en México, 1996-2007

Anexo II. Metodología de los estudios realizados por el INE para analizar metales en pilas comercializadas en México

## **Resumen ejecutivo**

En el año 2004 Castro y Díaz publicaron un artículo que constituye un parteaguas en el tema de las pilas en su contexto ambiental, por haberlo colocado en la consciencia de los ciudadanos y de otros actores involucrados. Este artículo incluyó la estimación de la generación de pilas y baterías y el consumo de pilas por habitante en México para la década de los noventa. Los autores también estimaron cuántas toneladas de los componentes de pilas usadas se podrían liberar al ambiente al disponer de ellas; incluyeron las propiedades tóxicas de los metales pesados que contienen las pilas, con la descripción de los posibles efectos adversos en la salud, citados en la literatura internacional.

El presente documento tiene como finalidad actualizar el artículo citado y analizar el tema de las pilas en el contexto de la regulación vigente en el país, así como las estrategias de manejo internacionales. Consideramos que la contribución que hacemos permitirá avanzar en ubicar el tema de las pilas en su dimensión actual, y así contribuir con insumos para la toma de decisiones ambientalmente adecuadas por parte de las autoridades correspondientes y de otros actores involucrados en el ciclo de vida de estos productos.

A partir de fuentes oficiales de información, el presente estudio estima que el consumo de pilas primarias en el mercado formal nacional se incrementó en 13 veces para el período 1996-2007, ya que pasó de alrededor de 2 500 toneladas a cerca de 32 900 toneladas. El incremento también es notorio en términos del consumo per cápita, que pasa de 5.2 pilas por habitante en 1996 a 12.6 pilas por habitante en 2007. Estas cifras reflejan un alza considerable a pesar de que las estimaciones no incluyen en los cálculos el número de pilas contenidas en aparatos electrónicos importados, ni el de pilas recargables, debido a la falta de series estadísticas históricas confiables.

El presente estudio tiene como antecedente inmediato, además del trabajo de Castro y Díaz, los trabajos realizados en el Instituto Nacional de Ecología en 2007 y 2008 para evaluar el contenido de metales totales y metales lixiviables de las pilas comercializadas en el país. Dichos análisis se concentraron en pilas primarias (no recargables) de las tecnologías de carbón-zinc, alcalinas, de litio y de zinc-aire, del mercado formal e informal, así como en pilas secundarias (recargables) de níquel-cadmio y de níquel-hidruro metálico, sólo del mercado formal.

A falta de normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles de metales pesados totales en pilas que se comercializan en territorio nacional, se tomaron como referencia los valores de la regulación europea, de Argentina y de Brasil. En forma complementaria, para determinar el potencial de las pilas para clasificarse como residuos peligrosos, se analizaron los metales lixiviables, utilizándose los límites que establece la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Los principales hallazgos del presente trabajo para las pilas primarias son que todas aquellas de carbón-zinc y alcalinas provenientes del mercado formal registran valores de mercurio y cadmio totales por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la correspondiente directiva europea. Sin embargo, los resultados encontraron niveles de mercurio y cadmio que rebasan los niveles permisibles de dicha directiva en algunas marcas de pilas de litio (mercurio) y de pilas de zinc-aire (mercurio y cadmio).

Por otra parte, todas las pilas secundarias presentaron valores de mercurio por debajo de la directiva europea. En cambio, una marca de pilas de níquel-cadmio y una marca de pilas de níquel-hidruro metálico presentaron niveles de cadmio total que rebasan los valores de dicha directiva y, además, excedieron el límite máximo permisible para cadmio lixiviable de acuerdo con la NOM-052.

Por la relevancia de los resultados, en cuanto a haber identificado pilas del mercado formal que rebasan los límites máximos permisibles establecidos en la Directiva Europea para mercurio o cadmio, a la par de incrementar el número de pilas analizadas para algunas tecnologías (zinc-aire, litio, níquel-cadmio y níquel-hidruro metálico) y marcas específicas, el Instituto Nacional de Ecología llevará a cabo un análisis químico complementario en 2009. Esto permitirá confirmar los resultados obtenidos.

Es importante resaltar que en México no existe restricción alguna a la importación y a la comercialización de pilas. Así, y en contraposición a la tendencia internacional, se carece de una regulación que limite el contenido de mercurio y cadmio en las pilas primarias comercializadas en el país. Además, sigue sin prohibirse la venta de pilas de botón de óxido de mercurio.

El diagnóstico en este documento contiene, asimismo, una comparación de las diversas estrategias internacionales para la gestión y manejo ambientalmente adecuado de las pilas a lo largo de su ciclo de vida. Al respecto es de subrayar que ya desde la década de los noventa, los países industrializados han avanzado en este tema en las siguientes direcciones: i) establecido límites más estrictos en el contenido de metales pesados en las pilas; ii) desarrollando rellenos sanitarios con geomembranas y sistemas de captación de lixiviados para la disposición de las pilas como residuos que acompañan a los residuos sólidos urbanos; iii) estableciendo metas de acopio y reciclaje para las pilas; y iv) fomentando la responsabilidad compartida entre la industria, la ciudadanía y el gobierno para mejorar el manejo ambiental de pilas durante su ciclo de vida, entre otras estrategias.

Lo expuesto en el documento apunta que es necesario avanzar hacia el desarrollo de un programa integral de manejo ambientalmente sustentable de las pilas. Dicho programa debería incluir el desarrollo de instrumentos de normatividad para que en nuestro país se comercialicen pilas con un contenido de mercurio y cadmio por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en las regulaciones de países desarrollados y, también, para que se prohíba la comercialización de pilas de óxido de mercurio. Igualmente deberá establecer el ecoetiquetado obligatorio a fin de indicar los niveles de metales contenidos en las pilas y fomentar programas de acopio y reciclado para recuperar metales y otros materiales. Por último, un aspecto que no debe descuidarse es el desarrollo de programas de difusión para consumidores, comercializadores, organizaciones no gubernamentales y funcionarios de gobierno, que promuevan la responsabilidad compartida en el manejo adecuado de las pilas a lo largo de su ciclo de vida.

El documento que se presenta está dirigido a académicos, autoridades federales, estatales y municipales, ambientalistas, ciudadanos y público en general, es decir, a todos aquellos interesados en contribuir para lograr un manejo integral ambientalmente adecuado de las pilas en todas las etapas de su ciclo de vida.

## **Introducción**

Las pilas y las baterías son unidades de almacenamiento de energía electroquímica que se libera en forma de electricidad cuando éstas se acoplan a un circuito externo. Una pila consiste en una celda única, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas. Las presentaciones comerciales de las pilas y baterías son muy variadas, Y dependen de su aplicación en artículos específicos.

Con base en la duración de la carga, las pilas pueden clasificarse en primarias (no recargables) y secundarias (recargables). La gran mayoría de los artículos eléctricos y electrónicos portátiles, que no requieren de alimentación continua del suministro de corriente alterna, pueden funcionar con pilas primarias o secundarias. Las pilas contienen uno o más metales, bien como componentes primarios o como impurezas, entre ellos cadmio (Cd), litio (Li), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb) y zinc (Zn) (véase sección “Contenido de metales de las pilas en México”). También incluyen un medio conductor de corriente eléctrica, que puede ser un electrodo de carbón o un electrolito a base de hidróxido (de potasio o sodio) y cloruro de sodio, entre otros; por último, contienen plástico, papel y lámina metálica, que son los materiales que recubren y protegen la pila (Olivier, 2006; AMEXPILAS, 2008).

Las pilas se clasifican con base en su tecnología y sus componentes principales para fines técnicos y comerciales (cuadro 1). Las pilas primarias se pueden clasificar en pilas de carbón-zinc, alcalinas, de óxido de mercurio, de zinc-aire, de óxido de plata o de litio. Por otra parte, las pilas secundarias pueden clasificarse como pilas de níquel-cadmio, pilas de níquel-hidruro metálico, acumuladores y pequeñas pilas selladas de plomo-ácido y pilas de ión-litio.

Las diferentes tecnologías pueden encontrarse en diversas presentaciones comerciales. Las más comunes son las pilas cilíndricas de tamaños AA, AAA, C y D; de prisma cuadrangular de seis y nueve voltios y, por último, las de botón, que se encuentran en varios tamaños.

## **2. Importaciones, exportaciones, producción y consumo de pilas en México**

El mercado mundial de pilas primarias está dominado por las pilas alcalinas y las de carbón-zinc. Adicionalmente, las pilas primarias de litio ocupan una fracción cada vez mayor en el mercado y, en cambio, se reduce la demanda de las pilas de óxido de mercurio, dada la

existencia de sustitutos tecnológicos con los que comparten el mercado, como son las pilas de zinc-aire y de óxido de plata (Vangheluwe, 2005; Olivier, 2006; RIS International, 2007).

En México, las pilas se comercializan en el mercado formalmente establecido (aquél que paga IVA al momento de la compra) o bien en el mercado informal. Este último, representado por tianguis fijos o semifijos y por trabajadores ambulantes, comercializa un amplio rango de precios, marcas y calidades de pilas, que en ocasiones pueden tener una vida útil hasta seis veces menor que aquéllas con tecnologías más avanzadas, como por ejemplo las pilas alcalinas con titanio y las pilas de litio (AMEXPILAS, 2008). Dado que no existen restricciones arancelarias y no arancelarias a la importación de pilas, la mayor parte de las marcas cruzan libre y legalmente la frontera.

**Cuadro 1. Clasificación y características de pilas primarias y secundarias**

Grupo	Tecnología <sup>(1)</sup>	Presentación comercial	Usos <sup>(2)</sup>
Primarias (desechables)	Carbón-zinc (Zn/MnO <sub>2</sub> )	AA, AAA, C, D, 9V, 6V, botón (varios tamaños)	Radios, juguetes, aplicaciones electrónicas, relojes, controles remotos, etc.
	Alcalinas (MnO <sub>2</sub> )		
	Óxido de mercurio (Zn/HgO)	Botón (varios tamaños)	Aparatos auditivos, relojes, equipo fotográfico, sistemas de alarma, vehículos eléctricos, etc.
	Zinc-aire (Zn/O <sub>2</sub> )		
	Óxido de plata (Zn/Ag <sub>2</sub> O)		
Litio (Li/FeS <sub>2</sub> , Li/MnO <sub>2</sub> )	AA, AAA, C, D, 9V, botón (varios tamaños)	Relojes, medidores, cámaras, calculadoras, etc.	
Secundarias (recargables)	Níquel-cadmio (NiCd)	AA, AAA, C, D, otros	Herramientas portátiles, aspiradoras, teléfonos celulares, cámaras, lámparas, aplicaciones de video, etc.
	Níquel-hidruro metálico (NiMH)		
	Ión-litio (Li-ión)	Varios	Celulares, computadoras y cámaras de video.
	Plomo	Plomo-ácido (acumuladores y pequeñas selladas de plomo ácido)	Acumuladores automotrices, podadoras eléctricas, sillas de ruedas eléctricas, bicicletas eléctricas, juguetes, herramientas eléctricas inalámbricas y aplicaciones de telecomunicaciones.

Fuentes: <sup>(1)</sup> Vangheluwe, 2005; AMEXPILAS, 2008. <sup>(2)</sup> Power Stream, 2007, RIS International, 2007.

En esta sección se analiza la información reportada en fuentes oficiales con respecto a la importación, exportación y producción nacional de pilas en México de 1996 a 2007 (figuras

1a y 1b). Esta información sirve como base para la estimación del consumo nacional tanto en volúmenes totales como en términos relativos por habitante. Es importante señalar que las estimaciones que se presentan en este documento no hacen diferencia entre la participación del mercado formal e informal. Además, los cálculos no toman en cuenta las pilas ya incorporadas en ciertos aparatos al momento de su compra, como sucede por ejemplo con pilas primarias en linternas, juguetes, radios o cepillos dentales, o con pilas secundarias en aspiradoras, cámaras fotográficas y teléfonos, entre otros enseres. Por último, en el caso de las pilas secundarias de níquel-cadmio, sólo se contó con información para el año 2007, por lo que no fue aquí posible analizar las tendencias históricas en el mercado nacional.

El anexo I presenta un cuadro con las cifras de importaciones y exportaciones de pilas en México de 1996 a 2004, clasificadas de acuerdo a las fracciones arancelarias que corresponden a las tecnologías. Asimismo, se muestran las cifras de la producción nacional de pilas y baterías -sin el desglose por tecnología- reportadas en el Banco de Información Económica del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2006).

Con base en las fuentes mencionadas, se observa que a partir de 1996 se presenta una tendencia creciente en la importación de pilas primarias en México –asociada parcialmente a la puesta en marcha del TLCAN un par de años antes- y una reducción considerable en las exportaciones a partir de 2002. Este último hecho se asocia con la suspensión de la producción de pilas en el país en 2001. En efecto, a partir de 2002 el consumo nacional se satisface con base en importaciones, fundamentalmente de China, Japón, Corea, Malasia, Singapur y Estados Unidos, países que en conjunto proveen entre el 80 y 90% de las pilas que ingresan a nuestro país (WTA, 2008).

Se estima que durante el período 1996-2007 se importaron en promedio por año 27 490 toneladas (1 265 millones de pilas) y se exportó un promedio anual de 14 516 toneladas (647 millones de pilas).<sup>1</sup> Asimismo, la producción nacional de 1996 a 2000 representaba un

---

<sup>1</sup> Las fuentes oficiales de información de las importaciones y exportaciones utilizan unidades de peso (kilogramos), por lo que los autores estimaron la equivalencia a número de piezas. En esta conversión se utilizó el peso (kg) aproximado de una pila de cada tecnología: pilas de carbón-zinc = 0.027 kg/pza; pilas alcalinas = 0.028 kg/pza; pilas de óxido de mercurio, zinc-aire y óxido de plata = 0.001kg/pza; y, pilas de litio = 0.016 kg/pza.

monto aproximadamente igual al 24% de las importaciones, es decir ya entonces, el mercado nacional se satisfacía principalmente de éstas.<sup>2</sup>

En cuanto al tipo de pilas que se importan y exportan en el país, las de carbón-zinc son las que contribuyen mayormente al comercio exterior, representando el 67% de las importaciones y el 60% de las exportaciones. A éstas les siguen las pilas alcalinas, con el 25% de las importaciones y el 19% de las exportaciones. Por último, se observan contribuciones menores, tanto en importaciones como en exportaciones, de pilas de óxido de mercurio y de litio, con menos del 10% en conjunto.

Para el período 1996-2000, el consumo de pilas primarias se estimó mediante el cálculo de consumo aparente, es decir, al total de la suma de la producción nacional y las importaciones se le restó las exportaciones. Para el periodo 2001-07, en el que ya no existía producción local, simplemente se restaron las exportaciones a las importaciones (cuadro 2, figuras 1a y 1b). Las cifras de consumo aparente así calculadas deben considerarse como meras aproximaciones, dadas las limitaciones de la información disponible tal y como lo revela el hecho de que para algunos años los cálculos reportados resultaron en consumos negativos, es decir, se exportó en términos netos más de lo que se produjo e importó para algunas tecnologías durante los dos años posteriores a la interrupción de la producción nacional (celdas con “no disponible” en el cuadro 2). Esta aparente inconsistencia estadística, posiblemente fue consecuencia de limitaciones –errores y omisiones- en algunas de las series disponibles utilizadas o bien el uso de ciertos supuestos sobre la variación de existencias en su estimación. Ejemplo de esto última fue quizá el considerar que el consumo de pilas de un determinado año resultaba de la resta de las importaciones menos las exportaciones en ese mismo período, sin tomar en cuenta la variación en los posibles remanentes de un año a otro. Dada la discrepancia en la información, se presenta el cálculo de los promedios anuales, excluyendo el año 2001 en que se presentan cifras de consumo negativas para las pilas de carbón-zinc y para las pilas de óxido de plata.

En todo caso, se estima que en México se consumieron 19 709 toneladas anuales (equivalentes a cerca de 10 530 millones de piezas) de pilas primarias durante el período 1996-2007, que corresponden aproximadamente al 0.06% de las 34.6 millones de toneladas

---

<sup>2</sup> Las fuentes oficiales reportaban la producción nacional en número de pilas, por lo que fue necesario hacer la conversión a unidades de peso (kilogramos). Para ello, se utilizó el peso (kg) aproximado de una pila de cada tecnología, como se indica en la nota al pie de página anterior.

de residuos sólidos urbanos generados cada año en el país. Así, durante ese lapso el consumo, medido en unidades de peso, se incrementó en 13 veces, pasando de 2 500 toneladas a cerca de 32 900 toneladas. En cuanto a la distribución en el mercado por tipo de tecnología, los datos muestran tendencias interesantes respecto al consumo. Entre ellas destacan el incremento moderado en el consumo de pilas de carbón-zinc y una ligera baja en el consumo de pilas alcalinas, así como la reducción sensible en el uso de pilas de óxido de mercurio con el incremento en el uso de pilas de zinc-aire y de litio como sustitutos tecnológicos.

Para el 2002 se consumieron más de 11 940 toneladas de pilas de carbón-zinc (442 350 millones de unidades) y cerca de 8 340 toneladas de pilas alcalinas (297 890 millones de unidades), manifestándose un incremento constante en el consumo de las primeras, que le han ganado mercado a las segundas. La brecha en el consumo entre estas dos tecnologías se amplía para 2007, año en que se consumieron alrededor de 25 130 toneladas y 5 870 toneladas, para las pilas de carbón-zinc y las pilas alcalinas, respectivamente.

<b>Cuadro 2. Consumo de pilas primarias en México, 2001-2007</b>							
<b>Tecnología</b>	<b>Consumo de pilas toneladas (miles de pilas )</b>						
	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Carbón-zinc	n.d.	11 943 (442 349)	20 301 (751 879)	22 172 (821 180)	23 199 (859 209)	25 057 (928 035)	25 129 (930 689)
Alcalinas	4 709 (168 169)	8 341 (297 889)	9 956 (355 571)	6 970 (248 917)	7 077 (252 747)	6 644 (237 296)	5 873 (209 742)
Óxido de mercurio	1 094 (1 093 634)	231 (231 057)	663 (662 919)	1 517 (1 517 219)	353 (353 180)	91 (91 312)	184 (184 423)
Zinc-aire	20 (19 662)	6 (6 475)	82 (82 470)	34 (34 155)	37 (37 481)	89 (89 023)	47 (47 288)
Litio	632 (39 526)	153 (9 575)	622 (38 862)	1 100 (68 750)	1 397 (87 302)	1 378 (86 150)	1 627 (101 664)
Óxido de plata	n.d.	n.d.	29 (29 937)	62 (61 751)	193 (193 553)	38 (38 462)	38 (37 968)
Total	3 313 (1 089 543)	20 643 (956 473)	31 653 (1 921 638)	31 855 (2 751 972)	32 256 (1 782 472)	33 297 (1 470 278)	32 898 (1 511 774)

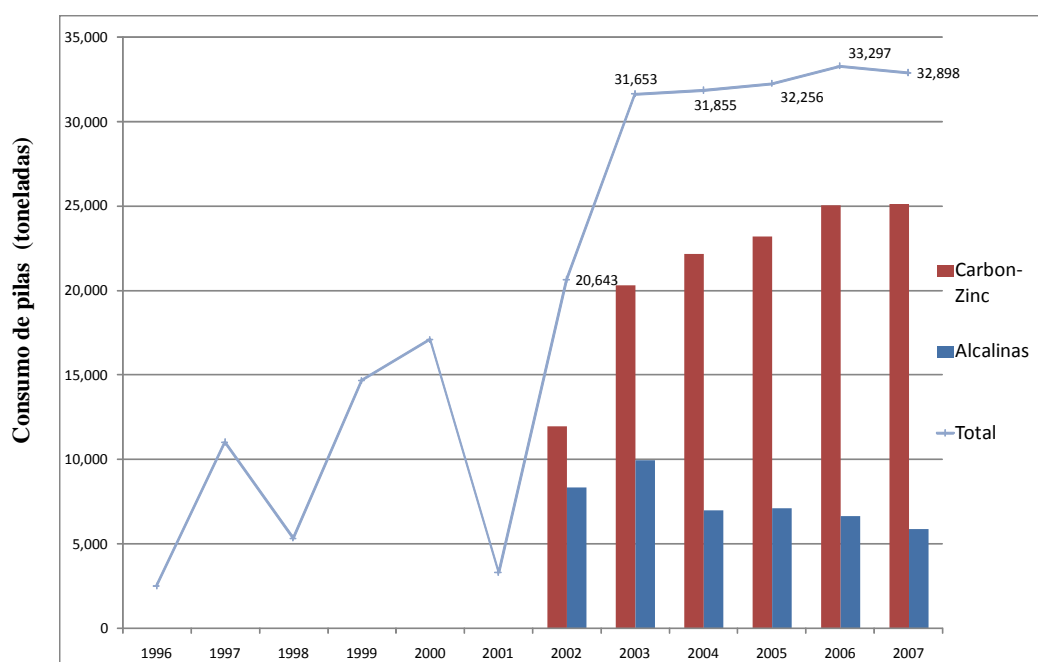
*n.d. = no disponible, ya que la estimación del consumo resultaba en números negativos (véase texto).*

*Para la estimación del consumo fue necesaria la conversión de unidades de peso a número de pilas y viceversa, dado que las fuentes oficiales utilizan unidades de peso –como sucede con las importaciones y exportaciones-, o número de pilas –para la producción nacional. En esta conversión se utilizó el peso (kg) aproximado de una pila de cada tecnología que se incluye en el cuadro: pilas de carbón-zinc= 0.027 kg/pza; pilas alcalinas= 0.028 kg/pza; pilas de óxido de mercurio, zinc-aire y óxido de plata = 0.001kg/pza; y, pilas de litio= 0.016 kg/pza.*

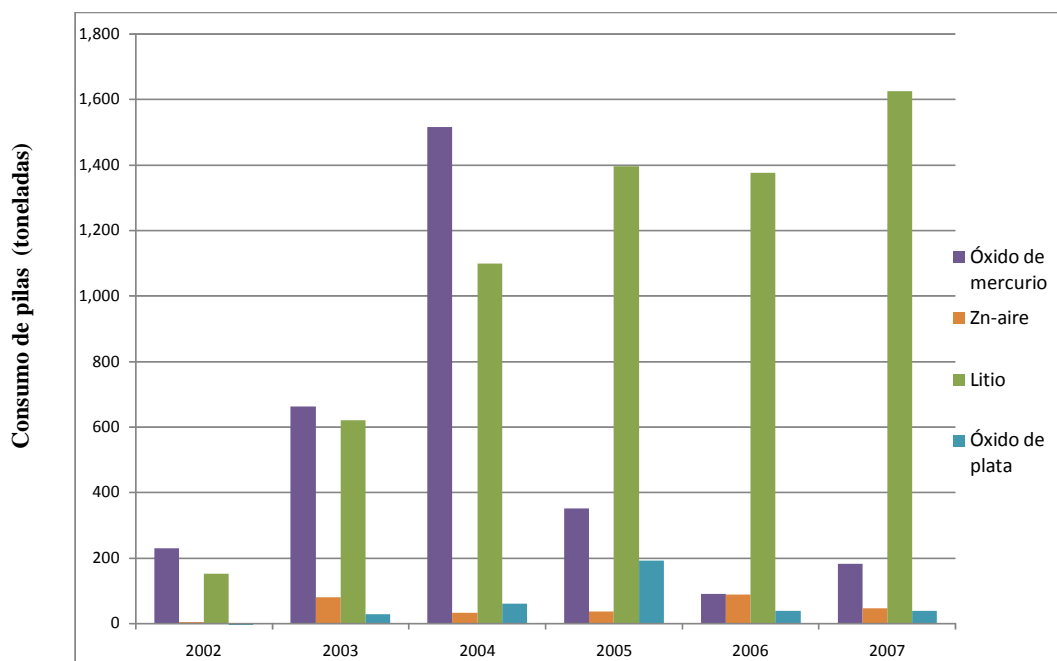
*Fuentes: Elaboración propia de los autores con información de importaciones y exportaciones (WTA-México, 2006; WTA-México, 2008) y de producción nacional (Banco de Información Económica, INEGI, 2006).*

En el 2002 el consumo de pilas de óxido de mercurio, zinc-aire y litio fue de aproximadamente 230 toneladas (231 057 millones de piezas), 6 toneladas (6 475 millones de piezas) y 150 toneladas (9 575 millones de piezas), respectivamente. En forma análoga a las pilas de carbón-zinc y alcalinas, de 2002 a 2007 se presenta una reducción sensible en el uso de pilas de óxido de mercurio, a la par de un importante incremento en el consumo de pilas de zinc-aire y de litio, sus sustitutos tecnológicos. Los datos muestran una disminución del 20% para las primeras y, en cambio, un incremento aproximado en las pilas de zinc-aire y de litio de 8 y 10 veces, respectivamente. Lo anterior se relaciona posiblemente con las restricciones internacionales para la comercialización de pilas de óxido de mercurio, que pudieran haber permeado en el mercado mexicano, más que con una decisión consciente o voluntaria del consumidor por preferir productos con menor contenido de mercurio.

**Figura 1. Consumo de pilas primarias en México, 2002-2007 (tons)**



**Figura 1a. Consumo de pilas de carbón-zinc y alcalinas en México, 1996-2007**



**Figura 1b. Consumo de pilas de óxido de mercurio, zinc-aire, litio y óxido de plata en México, 2002-2007**

*Fuente: Elaboración propia de los autores con información de importaciones y exportaciones (WTA-México, 2006; WTA-México, 2008) y de producción nacional (Banco de Información Económica, INEGI, 2006).*

Las figuras 1a y 1b indican que el consumo de pilas se incrementó de forma importante entre 2002 y 2007 (eliminando a las pilas de óxido de mercurio, dado el comportamiento un tanto errático de su consumo). De hecho, esta tendencia creciente también es evidente al estimar el consumo per capita de 1996 a 2007; en 1996 se estima un consumo por persona de 5.2 pilas/habitante, con un incremento a 7.0 pilas/habitante para 2002, y con un fuerte contraste de ambas cifras con las 12.6 pilas/habitante que se consumieron en 2007 (también excluyendo a las pilas de óxido de mercurio). Estos resultados son consistentes con el estudio pionero de Castro y Díaz que reportó un consumo de 10 pilas/habitante-año para la década de los noventa, valor entonces calculado incluyendo a las pilas del mercado informal y considerando que éste contribuye en cerca del 49% al mercado total (Castro y Díaz, 2004).

La información de la Asociación Mexicana de Pilas, A.C. (AMEXPILAS)<sup>3</sup> indica que el consumo de pilas se incrementó de 592 millones de pilas en 1996 a 609 millones en 2006 (AMEXPILAS, 2007). Las diferencias significativas entre esta cifra y la calculada en el presente documento pueden tener su origen en que las fuentes oficiales recogen información sobre todos los tipos de pilas, ya sean importadas por AMEXPILAS o por otros comercializadores, y quizás también en cierta falta de validación de la base de datos del

<sup>3</sup> AMEXPILAS se autodefine como una organización sin fines de lucro que agrupa empresas que representan más del 90% del mercado formal de pilas desechables en México

*World Trade Atlas* (fuente oficial de información para México) (WTA, 2008). Dichas diferencias pueden tener una incidencia importante que habrá que tomar en cuenta en la definición y la selección de las estrategias ambientalmente sustentables para el manejo y la disposición final de las pilas que se utilizan en México.

### **3. Contenido de metales en las pilas en México**

La tecnología de las pilas determina sus componentes. Como se mencionó en la sección introductoria, entre ellos se encuentran metales pesados para el cátodo y el ánodo, así como un conductor para la corriente eléctrica.

En las últimas décadas se han modificado las tecnologías de pilas y baterías. Estos cambios han sido motivados, en gran medida, por las estrategias de gestión de residuos en países desarrollados, que han subrayado la necesidad de reducir o eliminar el contenido de metales pesados, tanto en los productos, como en sus residuos. Por ello, en Canadá, Estados Unidos, la Comunidad Europea y Japón las pilas de carbón-zinc y las alcalinas no contienen mercurio desde la primera parte de la década de los noventa (véase la sección 4, “Manejo y disposición de las pilas”). En Estados Unidos y Canadá está prohibida la comercialización de pilas de botón de óxido de mercurio desde hace más de una década (RIS International, 2007).

A pesar de las tendencias internacionales, en México hoy por hoy se carece de una regulación que limite el contenido de mercurio y cadmio en las pilas comercializadas en el país. Igualmente a la fecha no se ha prohibido la venta de pilas de óxido de mercurio. Ello se pone en evidencia con los datos de la Secretaría de Economía, que indican en 2007 una importación de casi 185 500 piezas, una exportación de menos de 1 100 unidades y, por lo tanto, un consumo de más de 180 000 piezas de dichas piezas.

En el cuadro 3 se presenta la composición de las pilas para las tecnologías actuales; se incluye la composición que cumple con la regulación y normatividad de países desarrollados y aquella que corresponde a las pilas de óxido de mercurio.

<b>Cuadro 3. Composición química de las pilas primarias del mercado formal</b>		
<b>Tecnología</b>	<b>Composición</b>	
	Componentes	Porcentaje (%)
Carbón-zinc <sup>(2)</sup>	<i>Mercurio</i> (electrolito, cátodo y ánodo)	eliminado
	<i>Cadmio</i>	eliminado
	Manganeso (cátodo)	25
	Zinc (ánodo)	20
	Fierro	20
	Electrolito	5
	Carbón , plástico y lámina	--
	Plástico, papel, carbón y agua	30
Alcalinas <sup>(2)</sup>	<i>Mercurio</i> (ánodo)	eliminado
	Manganeso (cátodo)	30
	Zinc (ánodo)	20
	Fierro	20
	Electrolito	5
	Carbón	--
	Plástico y lámina	--
	Plástico, papel, carbón y agua	25
Litio <sup>(2)</sup>	Litio	2
	Manganeso	30
	Fierro	50
	Plástico, papel, carbón	10
Óxido de mercurio <sup>(1)</sup>	<i>Mercurio</i> (cátodo)	33
	Zinc (ánodo)	11
	Electrolito	--
	Plástico y lámina	29
Zinc-aire <sup>(2)</sup>	<i>Mercurio</i>	2
	Plata	eliminada
	Zinc (ánodo)	30
	Fierro	45
	Electrolito	4
	Plástico y lámina	--
	Plástico, papel, carbón y agua	20
Óxido de plata <sup>(2)</sup>	<i>Mercurio</i>	1
	Plata (cátodo)	27-30
	Zinc (ánodo)	10
	Fierro	40
	Electrolito	3
	Plástico, papel, carbón y agua	16

*El mercurio y el cadmio se incluyen con letras itálicas por considerarse metales clasificados como peligrosos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

*Fuentes: <sup>(1)</sup> Eurotech, 1991; <sup>(2)</sup> RIS International, 2007.*

El Instituto Nacional de Ecología se dio a la tarea de analizar el contenido de metales en las pilas comercializadas en México, a fin de contar con información confiable y oportuna para alimentar la toma de decisiones en materia de política ambiental en este terreno. En 2007 y 2008 se llevaron a cabo dos estudios. El primero de ellos analizó pilas nuevas que se descargaron para simular pilas usadas, y, el segundo, pilas nuevas sin descargar (INE, 2007;

INE, 2008). En ambos estudios se analizaron metales totales y lixiviables, entre ellos mercurio, cadmio y plomo. A continuación se presenta una breve descripción de las muestras analizadas, una descripción general de los métodos utilizados (véase el anexo II para una descripción más detallada de los métodos), así como el detalle de los resultados.

El análisis realizado en 2007 con pilas nuevas descargadas incluye un total de 203 pilas de carbón-zinc y alcalinas provenientes de los mercados formal e informal (INE, 2007). Al año siguiente se llevó a cabo el análisis de 1 209 pilas nuevas sin descargar, que incluyeron tanto a pilas primarias de carbón-zinc, alcalinas, de litio y de zinc-aire, como a pilas secundarias de níquel-cadmio y de níquel-hidruro metálico, todas ellas compradas en el mercado formal; asimismo, se incluyeron pilas de carbón-zinc y alcalinas del mercado informal (INE, 2008).

Para contar con suficiente masa para realizar el análisis químico, se formaron conglomerados constituidos por entre una y cinco pilas; de esta forma, en los estudios 2007 y 2008 se analizaron, respectivamente, 50 y 65 conglomerados. Cada conglomerado se integró por pilas de una misma marca de diversos tamaños (en los casos en que se comercializa más de un tamaño por tecnología). Así, para los análisis realizados en 2007 y 2008 se asumió que las pilas de una misma tecnología podían pertenecer a uno de cuatro grupos, en función de su tamaño: i) pilas AA, AAA, C y D; ii) pilas de 9 volts; iii) pilas de botón; y iv) pilas para equipo fotográfico. De esta manera, cada conglomerado de pilas se conformó por pilas de una misma tecnología, una sola marca y tamaños correspondientes a uno de los cinco grupos mencionados.

Debido a que en México se carece de normas oficiales que regulen el contenido de metales pesados en las pilas, se tomaron como valores de referencia los límites establecidos en la Directiva Europea 2006/66/CE para el mercurio total (0.0005% = 5 mg/kg) y para el cadmio total (0.002% = 20 mg/kg) (DOUE, 2006). En el caso del plomo total, la normatividad internacional de países desarrollados no incluye límites a su contenido en pilas, por lo que se tomó como nivel de referencia el límite máximo establecido en Argentina y Brasil (0.200% = 2 000mg/kg) (SADS, 2006; CONAMA, 2008).

En forma complementaria, para determinar si las pilas pudieran clasificarse como residuos peligrosos, se analizaron los metales lixiviables, utilizándose los límites máximos

permisibles para constituyentes tóxicos, como se establece en la NOM-052-SEMARNAT-2005.

### ***Mercurio y cadmio***

Los resultados de los análisis de pilas primarias nuevas descargadas y de pilas nuevas no descargadas para todas las tecnologías, muestran que la mayor parte de los conglomerados (89%) contienen mercurio y cadmio totales en concentraciones bajas, muy similares a las reportadas para las pilas comercializadas en Canadá (cuadro 3). Más aún, todas las pilas de carbón-zinc y alcalinas del mercado formal presentan concentraciones por debajo de los límites de la directiva europea para mercurio y para cadmio.

Cabe mencionar que el estudio de 2008 incluye el análisis de dos conglomerados de pilas alcalinas tipo botón (manganeso). Por las características de esta tecnología, tanto la normatividad de Estados Unidos como la de la Unión Europea, establecen límites al contenido de mercurio de 2 y 2.5%, respectivamente (cuadro 5). En las muestras analizadas no se rebasan las concentraciones de referencia mencionadas.

Por otra parte, se encontró que se comercializan en el mercado formal algunas marcas de pilas primarias de litio (tipo AA, moneda y para cámara fotográfica chica y mediana) y de zinc-aire (tipo botón y botón para audífono chica y mediana) que presentan niveles de mercurio o cadmio que exceden los límites de la directiva europea. Una marca de pilas de litio (tres conglomerados) y dos marcas de pilas de zinc-aire (un conglomerado de cada marca) superan el límite para mercurio total; también, una marca de pilas de zinc-aire (un conglomerado) presenta concentraciones que exceden el límite para cadmio total. De acuerdo con las fuentes de información oficial consultadas en este documento, en 2007 las pilas primarias de litio y de zinc-aire representaron el 7% del consumo de pilas del mercado formal; lo anterior indicaría que por su participación en el mercado estas pilas representan un problema relativamente pequeño al considerar el universo del comercio de las pilas en México.

Con respecto a las pilas primarias del mercado informal, tanto en las pilas nuevas descargadas, como en las nuevas sin descargar, se encontraron marcas de pilas de carbón-zinc que rebasan los límites de la directiva europea para el mercurio o el cadmio (DOUE, 2006). En las pilas alcalinas una marca, que parece ser una versión “pirata” de una marca del

mercado formal, presenta niveles que rebasan en 20 veces el límite de la directiva europea para el mercurio (DOUE, 2006). Otro conglomerado de esa marca versión “pirata” analizado en 2008 rebasa los límites para cadmio.

**Cuadro 4. Metales totales contenidos en las pilas comercializadas en México (mg/kg)**

Metales	Estadísticas descriptivas	Pilas nuevas descargadas (INE, 2007)			Pilas nuevas (INE, 2008)							
		Primarias			Primarias						Secundarias	
		Carbón-zinc		Alcalinas	Carbón-zinc		Alcalinas		Zn-aire	Litio	Ni-Cd	NiHM
		Formal	Informal	Formal	Formal	Informal	Formal	Informal	Formal	Formal	Formal	
N	16	17	17	7	11	23	4	3	10	1	6	
Mercurio	Mínimo*	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	n.a.	n.a.	0.01	n.a.	0.01
	Mediana	0.15	0.19	0.02	0.2	0.77	0.01	n.a.	n.a.	0.10	n.a.	0.67
	Rango intercuartil	0.24	0.67	0.01	0.27	1.04	0.03	n.a.	n.a.	4.26	n.a.	1.33
	Máximo	3.67	170.9	92.7**	0.52	9.8	0.39	1.7	9,553	6.34	3.89	1.87
Cadmio	Mínimo*	1.25	1.25	1.25	0.04	0.04	0.04	n.a.	n.a.	0.04	n.a.	0.04
	Mediana	1.25	1.25	1.25	0.04	0.04	0.04	n.a.	n.a.	0.04	n.a.	10.01
	Rango intercuartil	0	4.26	0	0	5.73	0	n.a.	n.a.	8.39	n.a.	671.1
	Máximo	1.25	55.7	1.25	0.04	24.1	16.9	21.1	22.9	9.43	274,900	1,123
Plomo	Mínimo*	1.25	0.10	1.25	0.34	0.34	0.34	n.a.	n.a.	0.34	n.a.	11.45
	Mediana	53.4	251.7	6.53	0.34	24.4	0.34	n.a.	n.a.	0.34	n.a.	65.1
	Rango intercuartil	179.7	324.8	69.3	15.4	13.7	0	n.a.	n.a.	0	n.a.	152.4
	Máximo	371.9	764.1	291.1	46.2	220.1	112.8	41.1	265.9	71.3	0.34	265.4

En el estudio realizado en 2007 se analizaron 203 pilas nuevas descargadas y en el estudio llevado a cabo en 2008 el análisis incluyó 1 209 pilas nuevas sin descargar (INE, 2007 y 2008).

N=número de conglomerados; Ni-Cd=níquel cadmio; NiHM=níquel-hidruro metálico; n.a.=no aplica dado el reducido tamaño de la muestra.

\*Los valores mínimos en muchos casos corresponden a la mitad del valor del límite de detección del método analítico.

\*\* Parece tratarse de una versión “pirata” de una marca del mercado formal.

Las celdas en rojo indican que se rebasan los límites máximos permisibles para mercurio o cadmio totales establecidos en la Directiva Europea 2006/66/CE (DOUE, 2006).

Fuente : elaboración propia de los autores.

En cuanto a las pilas secundarias, todas las marcas de las dos tecnologías que se incluyeron en el análisis presentaron concentraciones de mercurio por debajo de la directiva europea. Sin embargo, para el cadmio total, la marca analizada de pilas de níquel-cadmio (un conglomerado de pilas tipo AA y AAA) y una marca de pilas de níquel-hidruro metálico (dos conglomerados, uno de pilas tipo AA, AAA y otro de pilas de 9 V) exceden los niveles de la Directiva Europea. Sin embargo, para el cadmio total, la marca analizada de pilas de níquel-cadmio (un conglomerado) y una marca de pilas de níquel-hidruro metálico (dos conglomerados) exceden los niveles de la directiva europea. De hecho el conglomerado de pilas de níquel-cadmio rebasa la normativa en cuestión hasta en cuatro órdenes de magnitud. En forma adicional, cabe destacar que sólo estas tecnologías de pilas superan el límite

máximo para lixiviados de cadmio (1 mg/L); es decir, por su toxicidad ambiental deben considerarse como residuos peligrosos, de acuerdo con la NOM-052 (DOF, 2006). No contamos en este momento con los datos sobre la participación de pilas secundarias en el mercado nacional de pilas, lo que no hace posible dimensionar el problema que puedan representar.

### ***Plomo***

Todos los conglomerados de pilas provenientes de los mercados formal e informal analizados en 2007 y 2008 registraron concentraciones por debajo de la normativa brasileña y argentina. Las concentraciones máximas se presentaron en una marca de pilas de carbón-zinc del mercado informal, pero en un orden de magnitud inferior a los niveles que establecen las normativas de referencia.

Teniendo en mente los resultados anteriores, la preocupación primordial en términos ambientales sería la inadecuada disposición de las pilas usadas por la posible liberación de metales potencialmente tóxicos, principalmente mercurio y cadmio. Por esta razón, múltiples países, tales como Canadá, Estados Unidos, y aquellos de la Unión Europea, entre otros, han optado por emitir normas para limitar el contenido de mercurio y cadmio en las pilas, prohibir la comercialización de las pilas de óxido de mercurio y, también, evaluar propuestas para la prohibición de cadmio en las pilas. En forma complementaria, han orientado sus esfuerzos hacia el acopio de las pilas, con programas de reciclado, tratamiento y disposición adecuada. La siguiente sección aborda estos temas en mayor profundidad.

## **4. Manejo y disposición de las pilas**

La normatividad y la gestión internacionales han establecido disposiciones para minimizar los riesgos asociados con la posible liberación al ambiente de metales potencialmente tóxicos contenidos en las pilas, cuando éstas se desechan con los residuos sólidos urbanos.

Los esfuerzos internacionales se han enfocado a establecer límites al contenido de metales potencialmente tóxicos en las pilas, en particular de mercurio y cadmio, y también a prohibir la comercialización de las pilas con un elevado contenido de mercurio (cuadro 5). Así, en Estados Unidos se ha prohibido la venta de pilas con mercurio añadido en forma intencional y en la Unión Europea se establecieron límites para el mercurio y el cadmio de 0.0005% y de

0.002% en peso por pila, respectivamente (la Directiva 2006/66/CE excluye a las pilas y acumuladores utilizados en sistemas de emergencia y alarma, equipos médicos y herramientas inalámbricas). Cabe resaltar que la directiva europea mencionada, incluye en sus normas y regulaciones la revisión en el 2010 de propuestas a fin de prohibir el cadmio en las pilas.

<b>Cuadro 5. Regulación internacional sobre el contenido de metales potencialmente tóxicos en las pilas</b>					
Tipo de pila	Metal	Estados Unidos*	Unión Europea**	Brasil***	Argentina****
		Límite al contenido de metales Porcentaje (mg/kg)			
Todas	Mercurio	0% mercurio añadido	0.0005% (5 mg/kg)	0.01% (100 mg/kg)	0.0005% (5 mg/kg)
	Cadmio	No existe límite	0.002% (20 mg/kg)	0.015% (150 mg/kg)	0.015% (150 mg/kg)
	Plomo	No existe límite	No existe límite*****	0.200% (2000 mg/kg)	0.200% (2000 mg/kg)
Alcalinas de botón (manganeso)	Mercurio	2.5% (25 mg/kg)	2% (20 mg/kg)	2.5% (25 mg/pila)	No existe límite

*Fuentes: \*Unites States Congress, 1996; \*\*DOUE, 2006; \*\*\*CONAMA, 2008; \*\*\*\*SADS, 2006; \*\*\*\*\*La Directiva Europea 2006/66/CE estipula que las pilas y baterías que contengan más de 0.004% de plomo deberán ir marcados con el símbolo químico del metal y la indicación del contenido del mismo –esto adicionalmente a la inclusión del contenido de mercurio y cadmio, si las concentraciones de estos metales rebasan los límites máximos establecidos de 0.0005% y 0.002%, respectivamente.*

Adicionalmente, internacionalmente se ha tendido a regular desde tiempo atrás las pilas tipo botón. Para las pilas alcalinas de botón en Estados Unidos se establece un límite de 25 mg (que sería equivalente a un 2.5 % para pilas con peso aproximado de un gramo), y en Europa de 2% en peso. En cuanto a las pilas de botón de óxido de mercurio, por tener un contenido de 30% de este metal, la decisión en Estados Unidos y Canadá fue prohibir su comercialización en 1993 y 1996, respectivamente (RIS International, 2007).

Durante 2006, en México se iniciaron los trabajos para elaborar la norma que establezca límites máximos permisibles para el contenido de mercurio y cadmio en las pilas que se comercializan en el país (PROY-NMX-AA-000-SCFI-2006). El proyecto de norma ha sufrido modificaciones durante los últimos meses del 2008 y a la fecha está en proceso de

revisión. No obstante, la versión del anteproyecto de norma parece avanzar con el consenso del grupo de trabajo de esta norma hacia la adopción de los límites permisibles establecidos en la Directiva Europea 2006/66/CE (DOUE, 2006).

En forma complementaria, varios países han desarrollado e instrumentado estrategias para la disposición y el manejo de pilas y baterías usadas. La directiva de la Unión Europea tiene por objetivo evitar que estos productos se desechen y contaminen el medio ambiente y su aplicación abarca a todos los tipos de pilas y acumuladores. Tal directiva, al incluir a todo el universo de pilas y acumuladores, evita la confusión de los consumidores, dada la gran diversidad de tecnologías y tamaños de estos productos en el mercado, a la vez que garantiza economías de escala en el acopio y reciclaje. Con ello, la directiva instruye a los países miembros para alcanzar “índices mínimos” de acopio; es decir, metas sobre las ventas anuales medias de los tres años previos a la implementación de la directiva. Estas metas se han fijado en un 25% para el 2012 y un 45% para el 2016 (DOUE, 2006). Por su parte, con la publicación del Real Decreto 106/2008, España regula los residuos generados por pilas y acumuladores usados y establece metas de acopio más estrictas que en la normativa de la Unión Europea, siendo éstas del 25% para 2011 y 45% para 2015.

Los beneficios de los programas para el acopio de pilas usadas se han manifestado con una reducción de estos residuos de entre dos y 10 veces del total de residuos sólidos urbanos generados (cuadro 6). En los países desarrollados las pilas primarias representan entre el 0.01 y 0.04% del total de los residuos sólidos urbanos (Vangheluwe, 2005), mientras que en México se estima una contribución del 0.10%.

En nuestro país a raíz de que el tema del manejo ambientalmente adecuado de las pilas ha estado presente en los medios masivos de comunicación, entre los grupos ecologistas y entre la ciudadanía, diversos gobiernos locales han organizado campañas de acopio. En algunos casos, la disposición final de las pilas que se recogen se realiza a través de empresas autorizadas, como SITRASA, o del envío al confinamiento controlado de Residuos Industriales Multiquímicos (RIMSA). Estos esfuerzos pueden ser loables, dado que contribuyen a reducir la cantidad de pilas contenidas en los residuos sólidos urbanos, que en muchos casos se disponen en forma inadecuada. Las cifras oficiales del INEGI indican que un alto porcentaje de residuos sólidos urbanos se disponen en tiraderos a cielo abierto. En 2006 se contaba en México con 104 rellenos sanitarios, con una capacidad de 19.7 millones de

toneladas, y con 23 rellenos de tierra controlados, con una capacidad de 3.7 millones de toneladas; los restantes 11 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos fueron dispuestos en tiraderos a cielo abierto (INEGI, 2008b).

Cuadro 6: Pilas primarias y secundarias contenidas en residuos sólidos urbanos					
País	Año	Contenido en RSU (g pilas/ton de RSU húmedos)			Cantidad de RSU (toneladas)
		Pilas primarias	Pilas secundarias		
			Ni-Cd	Ni-MH	
Alemania	2000	370	23	--	400
Austria	2000	230	11	--	377
Bélgica	2004	250	6.5	--	133
Francia	1999	105	2.1	0.1	8,800
México	2004	1000	--	--	--
Países Bajos	1998	170	8	--	10,000
	2000	160	9	0.3	
Suecia	1996	100-200	13.2	--	--
<i>RSU=residuos sólidos urbanos; Ni-Cd=níquel-cadmio; Ni-MH=níquel-hidruro metálico. Fuentes: Castro y Díaz, 2004 (datos de México); Vangheluwe, 2005 (datos de los países europeos).</i>					

Otro aspecto a considerar para el manejo ambientalmente adecuado de las pilas –a lo largo de su vida útil- es el reciclaje. En los países desarrollados, en donde el reciclaje de metales de las pilas y baterías usadas se realiza de forma generalizada, el sector privado ha iniciado inversiones para participar en estas actividades. Por ejemplo, en Canadá, en el año 2004, se reciclaron un poco más de 6.5 millones de pilas primarias, equivalentes al 2% del total de pilas desechadas; las pilas alcalinas contribuyeron mayormente a este porcentaje (70%), seguidas de las pilas de carbón-zinc (22%) (RIS International, 2007). También los países europeos han establecido regulaciones para fomentar el reciclado. La directiva correspondiente establece niveles de eficiencia de reciclado, con metas para el 2010 de 75% en peso promedio para las pilas y acumuladores de níquel-cadmio, de 65% en peso promedio para las pilas y acumuladores de plomo-ácido y de 50% en peso promedio para el resto de las pilas y acumuladores (DOUE, 2006). En Francia, por ejemplo, se han emitido regulaciones específicas para la separación y el reciclaje; en ese país se estima que una

tonelada de pilas primarias recicladas tiene un valor promedio de €1500, siendo el cadmio, níquel, zinc, plomo y hierro los principales metales que se recuperan (Olivier, 2006).

Por último, cabe mencionar que en algunos países –como Suecia, Estados Unidos, Canadá– se ha utilizado el ecoetiquetado para los productos que no contienen sustancias tóxicas o que son amigables para el ambiente. De esta manera, la directiva europea establece que las pilas deben incluir una etiqueta con la leyenda “0% de mercurio añadido” y “0% de cadmio”, así como la indicación del contenido de plomo. Éste es un avance importante hacia la gestión ambientalmente adecuada de las pilas, al contribuir a informar a la población sobre las características de las pilas que se encuentran en el mercado.

## **5. Recomendaciones y siguientes pasos**

El análisis de las cifras oficiales para la estimación del consumo de pilas en México pone en evidencia la necesidad impostergable del trabajo conjunto y coordinado entre el sector privado (AMEXPILAS y otros importadores) y las autoridades gubernamentales relevantes en este tema, en particular las responsables del control en aduanas y del registro de las importaciones y exportaciones (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Economía e INEGI). Este esfuerzo conjunto debe orientarse a validar las fuentes de información que generan los diferentes sectores, de tal suerte que sea posible contar con una estimación precisa del consumo total y por tecnología de las pilas comercializadas en México.

Los dos estudios llevados a cabo por el Instituto Nacional de Ecología en 2007 y 2008 para analizar el contenido de metales en pilas indican que en los mercados formal e informal mexicanos se comercializan pilas con niveles que rebasan los valores límite establecidos por la Directiva Europea para mercurio y cadmio (DOUE, 2006). Cabe resaltar que dichos estudios analizaron un número importante de pilas, 203 pilas en 2007 y 1 209 pilas en 2008; no obstante, como se aprecia en el cuadro 4, el número de conglomerados para algunas tecnologías fue pequeño (se tuvo un rango de entre uno y 23 conglomerados por tecnología). Por ello, en 2009 se llevará a cabo un análisis químico complementario, que incluirá principalmente a las tecnologías y marcas cuyas concentraciones de mercurio o cadmio rebasaron los límites mencionados (zinc-aire, litio, níquel-cadmio y níquel-hidruro metálico), lo que permitirá confirmar los resultados con los que contamos en este momento.

En nuestro país es indispensable y urgente desarrollar un programa integral de manejo ambientalmente adecuado de las pilas, que en particular contenga tres elementos fundamentales. El primero es prohibir la venta de pilas que contengan mercurio o cadmio que exceda los límites máximos permisibles (a establecerse en la norma oficial mexicana correspondiente). El segundo es promover el acopio y reciclado. Finalmente, el tercero, de corte más bien político/organizativo es el de poner en marcha incentivos y regulaciones que ayuden a impulsar una cultura de respeto ambiental en este terreno contribuyendo con acciones concretas al mejor desempeño de todos y cada uno de los diferentes grupos, o agentes sectores involucrados en el ciclo de vida de las pilas, incluyendo los productores, los comercializadores, los consumidores y los entes reguladores relevantes. Los puntos aquí recomendados se presentan en mayor detalle en los párrafos siguientes:

i) Acelerar los trabajos para la publicación de la norma oficial mexicana (PROY-NMX-AA-000-SCFI-2006) que incluya:

- El establecimiento de límites máximos permisibles en el contenido de mercurio y de cadmio para todo el universo de pilas que se comercializan en México. Se recomienda seguir los límites que establece la directiva europea, es decir, prohibir la venta de pilas que contengan más de 0.0005% de mercurio ó 0.002% de cadmio. Esta norma se deberá aplicar a las pilas del mercado formal e informal.
- El establecimiento de límites máximos permisibles en el contenido de mercurio en pilas alcalinas tipo botón. El límite que aquí se recomienda es el de la directiva europea, de 2% en peso.
- La prohibición expresa para comercializar pilas de óxido de mercurio. Éstas pueden ser reemplazadas para sus diversas aplicaciones por otras tecnologías, como son las pilas de zinc-aire o las de litio, que en no deberán contener mercurio.
- La inclusión del ecoetiquetado para indicar que las pilas no contienen mercurio ni cadmio (0%), así como el porcentaje de plomo que contengan.

ii) Desarrollar y fortalecer programas para incrementar la cobertura de rellenos sanitarios con geomembranas y sistemas de captación de lixiviados. De esta manera puede evitarse en gran medida la liberación al ambiente de los metales contenidos en las pilas que se desechan con los residuos sólidos urbanos.

- iii) Desarrollar programas para el acopio, reciclaje de las pilas de níquel-cadmio, incluyendo metas de eficiencia con sus correspondientes fechas de cumplimiento.
  
- iv) Desarrollar programas de difusión con información de composición y manejo ambientalmente adecuado de las pilas para informar a consumidores, comercializadores, funcionarios de los tres niveles de gobierno y organizaciones no gubernamentales, de tal forma que se fomente una responsabilidad compartida entre los diferentes actores a lo largo del ciclo de vida de las pilas.

## **Bibliografía**

Asociación Mexicana de Pilas (AMEXPILAS). 2008. Portal electrónico. México. [www.amexpilas.org](http://www.amexpilas.org). Consultado el 17 de noviembre de 2008

Asociación Mexicana de Pilas, A.C. (AMEXPILAS). 2007. Comunicación personal, marzo 22 de 2007.

Castro, J.; Díaz, M. L. 2004. La contaminación por pilas y baterías en México. Gaceta Ecológica Num. 72; Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI). Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe. Argentina: [www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html). Consultado el 10 de febrero de 2009.

Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) 2008. Resolución Brasileña No. 257. Ministerio de Medio Ambiente. Brasil. : <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>. Consultado el 17 de noviembre de 2008.

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 1998. La situación demográfica en México. México.

Diario Oficial de la Federación. 1988. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Nuevo reglamento publicado el 25 de noviembre de 1988. México.

Diario Oficial de la Federación., 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización, publicada el 22 de noviembre de 2000. México.

Diario Oficial de la Federación, 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada en 8 de octubre de 2003. México.

Diario Oficial de la Federación. 2006. Norma oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2006, que establece las características, el procedimiento de identificación y el listado de los residuos peligrosos, publicada el 23 de junio de 2006. México.

Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México, última reforma publicada el 12 de febrero de 2007. México

Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE). 2003. Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. L 37, 13 de febrero de 2003. [Estrasburgo, Francia. europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2003/l\\_037/l\\_03720030213es00240038.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2003/l_037/l_03720030213es00240038.pdf). Consultada el 17 de noviembre de 2008.

Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE). 2006. Directiva 2006/66/CE relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores. Parlamento Europeo. Estrasburgo, Francia.

[http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=es&type\\_doc=Directive&an\\_doc=2006&nu\\_doc=66](http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=es&type_doc=Directive&an_doc=2006&nu_doc=66). Consultada el 17 de noviembre de 2008.

Eurotech Inc. 1991. Used batteries and the environment: A study on the feasibility of their recovery. Report EPS 4/CE/1. Technology Development Branch Environmental Protection Conservation and Protection, Environment Canada, Ottawa, Canada.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. Análisis de contenido de metales en pilas alcalinas nuevas y usadas cuya disposición final se realiza en tiraderos municipales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008. Evaluación de la liberación de sustancias potencialmente tóxicas por la disposición de pilas primarias y secundarias. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006. Banco de Información Económica. México. [www.dgenesyp.inegi.gob.mx](http://www.dgenesyp.inegi.gob.mx). Consultado el 19 de julio de 2006.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2008a. Sistema Nacional Estadístico y de Información Geográfica. México. [www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb130&s=est&c=8846](http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb130&s=est&c=8846). Consultado el 1 de agosto de 2008.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008b. [Información estadística > Temas > Medio ambiente > Asentamientos y actividades humanas > Residuos >]. México. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Consultado el 1 de agosto de 2008.

Olivier, A. 2006. Efficiency of the battery channel. Series: 05-E02. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Paris, France. [www.epbaeurope.net/tech\\_083006\\_003.pdf](http://www.epbaeurope.net/tech_083006_003.pdf). Consultado el 24 de Julio de 2006...

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 1994. Risk Reduction Monograph No. 5: Cadmium, Background and national experience with reducing risk. Paris, France.

RIS International, Ltd. 2007. Canadian Consumer Battery Baseline Study. Final Report for Environment Canada. Canada.

Scorecard. Risk Scoring System (TEPs). United States. [www.scorecard.org/env-releases/def/tep\\_gen.html](http://www.scorecard.org/env-releases/def/tep_gen.html). Consultado el 16 de febrero de 2007.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SADS). 2006. Energía Eléctrica Portátil. Ley 26.184, publicada el 21 de diciembre de 2006. Argentina.

Tonkin y Taylor, Ltd. 2001. A guide of the management of closing and closed landfills in New Zealand. Ministry for the Environment. New Zealand.

[www.mfe.govt.nz/publications/waste/closed-landfills-guide-may01.pdf](http://www.mfe.govt.nz/publications/waste/closed-landfills-guide-may01.pdf). Consultado el 28 de agosto de 2007.

United States Congress. 1996. Mercury Containing and Rechargeable Battery Management Act. 104-142. United States.

Vangheluwe, M.; Verdonck, F.; Versonnen, B. 2005. Contribution of spent batteries to the metal flows of municipal solid wastes. European Academy for Standardization (EURAS). Belgium. [www.rechargebatteries.org/RelDoc\\_Metals\\_flow\\_of\\_MSW\\_2005\\_FL.pdf](http://www.rechargebatteries.org/RelDoc_Metals_flow_of_MSW_2005_FL.pdf). Consultado el 7 de agosto de 2006.

World Health Organization (WHO). 1981. Environmental Health Criteria 17, Manganese. Geneva, Sweden.

World Trade Atlas (WTA)-México, 2006. Banco Nacional de Comercio Exterior. México.

World Trade Atlas (WTA)-México, 2008. Banco Nacional de Comercio Exterior. México.

## Anexo 1

### Importaciones, exportaciones y producción de pilas y baterías en México

Fracción	Descripción	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Importaciones (kg)</b>													
	<b>8506 Pilas y baterías de pilas, Eléctricas</b>	<b>11,521,696</b>	<b>19,303,479</b>	<b>20,353,483</b>	<b>28,137,302</b>	<b>27,512,647</b>	<b>27,502,463</b>	<b>29,437,058</b>	<b>34,535,547</b>	<b>33,955,035</b>	<b>34,296,463</b>	<b>35,090,306</b>	<b>35,399,129</b>
850610	De dióxido de manganeso (carbón-zinc)	8,317,081	12,113,346	12,136,153	19,099,839	18,382,069	16,452,735	18,235,663	21,719,732	22,945,502	23,898,108	25,835,750	26,664,335
850630	De óxido de mercurio	864,682	1,709,381	1,590,495	2,182,456	1,379,560	1,143,729	391,726	667,534	1,528,247	358,306	91,500	185,498
850640	De óxido de plata	451,920	436,777	330,911	44,310	47,273	55,410	104,924	62,874	62,620	192,580	38,985	39,952
850650	De litio	263,586	797,549	385,661	512,165	862,107	1,526,798	860,127	901,203	1,175,253	1,471,724	1,520,485	2,035,254
850660	De zinc-aire	2,424	2,916	6,609	390,981	463,534	23,643	6,652	82,698	34,325	37,767	90,986	47,231
850680	Las demás pilas y baterías De pilas (alcalinas)	1,622,003	4,243,510	5,903,654	5,907,551	6,378,104	8,300,148	9,837,966	11,101,506	8,209,088	8,337,978	7,512,600	6,426,859
<b>Exportaciones (kg)</b>													
	<b>8506 Pilas y baterías de pilas, Eléctricas</b>	<b>24,678,200</b>	<b>24,731,219</b>	<b>33,678,906</b>	<b>24,925,436</b>	<b>21,940,987</b>	<b>24,189,363</b>	<b>8,792,606</b>	<b>2,882,716</b>	<b>2,053,877</b>	<b>2,040,865</b>	<b>1,791,866</b>	<b>2,501,517</b>
850610	De dióxido de manganeso (carbón-zinc)	17,076,623	15,667,508	25,078,660	16,587,197	19,764,160	19,474,538	6,292,250	1,419,009	751,581	699,463	778,792	1,535,741
850630	De óxido de mercurio	7,695	4,274	33,563	4,931	64,365	50,095	160,669	4,615	4,174	5,126	188	1,075
850640	De óxido de plata	30,505	174,063	5,046	98,760	201,000	174,939	135,796	33,937	663	27	523	1,984
850650	De litio	40,763	20,995	1,564,015	1,288,303	354,377	894,390	706,927	279,416	75,254	74,891	142,086	408,636
850660	De zinc-aire	87	0	4,412	61,801	364	3,981	177	228	107	286	1,963	3
850680	Las demás pilas y baterías De pilas (alcalinas)	7,522,527	8,864,379	6,993,210	6,884,444	1,556,721	3,591,420	1,496,787	1,145,511	1,222,098	1,261,072	868,314	554,078
<b>Producción (kg)</b>													
<b>Pilas y baterías</b>		20,828,897	21,885,841	24,824,935	15,247,383	15,327,872	-	-	-	-	-	-	-

Fuentes: World Trade Atlas, Secretaría de Economía, consulta de agosto y noviembre de 2006 (datos de importaciones y exportaciones). Banco de Información Económica, INEGI, consulta de agosto y noviembre de 2006 (datos de producción nacional; la fuente original reporta esta información en número de piezas y los autores hicieron la conversión a unidades de peso (kg) y realizaron el balance, como se presenta en el cuadro 2.

## **Anexo 2**

### **Descripción de los procedimientos de muestreo y análisis**

#### **Análisis realizado por el INE en 2007**

El muestreo de las pilas nuevas se llevó a cabo en puntos de venta tanto en tiendas departamentales, de electrónica y en el comercio ambulante o informal, tomando un total de 203 muestras de pilas alcalinas y de zinc carbón del mercado formal e informal. Se formaron 53 muestras compuestas (enjambres o conglomerados) para análisis teniendo como mínimo 2 pilas tamaño C o D ó 4 pilas tamaño AA o AAA.

La determinación del contenido de metales totales se realizó mediante una digestión ácida del contenido de la pila, mientras que la fracción soluble de metales se evaluó siguiendo el proceso de extracción o lixiviación que señala la NOM-053-SEMARNAT 1993.- Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Las técnicas analíticas empleadas fueron absorción atómica por vapor frío para la evaluación de mercurio, y emisión de plasma inductivamente acoplado para el resto de los metales.

Los resultados mostraron que la composición general de las pilas consiste primordialmente en aluminio (Al), plata (Ag), bario (Ba), calcio (Ca), cromo (Cr), cobre (Cu), fierro (Fe), potasio (K), manganeso (Mn), sodio (Na), selenio (Se), zinc (Zn) y níquel (Ni) en concentraciones de mg/kg, sobresaliendo de manera significativa el zinc y el manganeso ya que se encuentran en el orden g/kg.

Los metales solubles o lixiviables detectados fueron, calcio, sodio, manganeso, aluminio, potasio y zinc; resaltando sobre todo estos tres últimos que presentan las concentraciones más elevadas.

#### **Análisis realizado por el INE en 2008**

Se realizó un muestreo simple de 4 pilas por marca, modelo y tamaño, con objeto de realizar una inferencia estadística. Con respecto al mercado formal, se seleccionaron las principales marcas comercializadas, las cuales son: 1) Duracel, 2) Varta, 3) energizar, 4) Sony, 5) Eveready, 6) Panasonic y 7) Ray-o-vac. Por otra parte, en cuanto al mercado informal se adquirieron las siguientes marcas: 1) Rocket, 2) Bianchi y 3) Tectron, además de todas las marcas que se encuentren en 5 mercados callejeros ubicados en las zonas centro, norte, sur y oriente de la Ciudad de México.

Para estas tecnologías se realizó un muestreo de 1,209 pilas nuevas, las cuales fueron adquiridas en la temporada decembrina de 2007 en ocho lugares diferentes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con la finalidad de obtener una muestra representativa. Esta muestra estaba compuesta por 13 marcas de pilas de carbón-zinc y alcalinas (siete del mercado formal y seis del mercado informal) y cuatro marcas de pilas de zinc-aire, litio, níquel-cadmio e hidruro metálico (todas estas provenientes del mercado formal). Para cada marca, se adquirieron dos modelos diferentes de cada uno de los siguientes tamaños: AA, AAA, C, D, 9 volts y especiales.

Dado que en el mercado existen diferentes modelos (larga duración, especiales para cámaras, etc.), para los fines de este estudio se incluyeron 2 modelos por marca.

Cada una de los diferentes modelos, tamaños y marcas muestreados se pesaron y se aseguró su integridad física. Después de separar las cubiertas positiva, cubierta negativa y quitar los sellos de la pila, se procedió a retirar la etiqueta y la carcasa. Acto seguido se desarmó la pila en sus constituyentes, los cuales fueron mezclados a fin de obtener una muestra homogénea compuesta por todas las partes de las pilas.

Una vez que todas las pilas que constituyen a una muestra fueron homogeneizadas, se ingresaron al laboratorio para comenzar el proceso analítico. Se elaboraron 65 muestras compuestas de la misma marca y modelo a partir de los diferentes tamaños muestreados, de entre 10 y 20 gramos, agrupando pilas de los tamaños AAA, AA, C y D en una muestra, pilas de 9 volts en otra y pilas de botón en otra; para su posterior análisis.

Las muestras fueron sometidas a una digestión ácida para la determinación de metales totales por el método EPA 3051 de digestión ácida por microondas. Para su análisis, se utilizó la técnica de Espectroscopia de Emisión en Plasma Acoplado Inductivamente (ICP/AES) de acuerdo con el método EPA 6010B 1996 para el análisis de: Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, calcio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, plata, plomo, potasio, selenio, sodio, talio, titanio, vanadio y zinc

Para el caso particular del mercurio, se utilizó la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica de Vapor Frío por Generación de Hidruros (EAAVF) de acuerdo con el método EPA 7471A, ya que este elemento no puede ser analizado a niveles traza por el método de ICP/AES.

Para el análisis de metales lixiviables, se utilizó el procedimiento de lixiviación PECT establecido en la NOM-053-SEMARNAT-1993. Posteriormente, se realizó el análisis por el método EPA 6010B 1996 para metales totales excepto el Mercurio el cual se analizó por el Método EPA 7471A como fue descrito anteriormente.

