



Gaceta Ecológica

ISSN: 1405-2849

[gaceta@ine.gob.mx](mailto:gaceta@ine.gob.mx)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos  
Naturales  
México

Castro, José; Díaz, María Luz  
La contaminación por pilas y baterías en México  
Gaceta Ecológica, núm. 72, julio-septiembre, 2004, pp. 53-74  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907205>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# La contaminación por pilas y baterías en México

JOSÉ CASTRO DÍAZ Y  
MARÍA LUZ DÍAZ ARIAS



## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se trata de determinar los obstáculos para desarrollar programas de recolección o reciclado de pilas y baterías, y se proponen elementos y mecanismos necesarios para llevar a la práctica un plan de manejo en este sentido.

Actualmente no se conoce ningún estudio que evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la utiliza-

ción y manejo inadecuado de pilas y baterías en México; se sabe que varios componentes usados en su fabricación son tóxicos y por tanto la contaminación ambiental y los riesgos de afectar la salud y los ecosistemas dependen de la forma, lugar y volumen en que se ha dispuesto o tratado este tipo de residuos. Dado lo anterior, en este trabajo se calcula que en los últimos 43 años, en el territorio nacional se han liberado al ambiente aproximadamente 635 mil

toneladas de pilas, cuyos contenidos incluyen elementos inocuos al ambiente y a la salud (en cantidades proporcionalmente adecuadas), como carbón (C) o zinc (Zn), pero también elementos que pueden representar un riesgo debido a los grandes volúmenes emitidos, como es el caso de 145,918 toneladas de dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ) y otros elementos tóxicos como 1,232 toneladas de mercurio (Hg); 22,063 toneladas de níquel (Ni); 20,169 toneladas de cadmio (Cd) y 77 toneladas de compuestos de litio (Li). Dichas sustancias tóxicas representan casi el 30% del volumen total de residuos antes mencionado, es decir, aproximadamente 189,382 toneladas de materiales tóxicos para el periodo comprendido entre 1960 y 2003.

Las cifras anteriores se calcularon a partir de datos oficiales sobre población, producción, importación y exportación; dichas cifras se construyeron también a partir de inferencias hechas a causa de la inexistencia de datos, como en el caso de las pilas ingresadas ilegalmente al país, para lo cual se tuvo que comparar información de consumo por habitante en otros países.

Cabe mencionar que los datos sobre las toneladas emitidas de dichos contaminantes están subestimadas, pues no se contó con información sobre las baterías que ya vienen incluidas en los aparatos cuando se compran, ya sean primarias, como es el caso de linternas, radios o cepillos dentales, o secundarias de Ni-Cd, Ni-MH (metal hidruro) o Ion-Li como las aspiradoras, cámaras entre otros; tampoco se tomaron en cuenta los millones de pilas de botón usadas en relojes de pulso desde principios de la década de 1980 que incluyen las de óxido de mercurio y litio.

Es importante señalar que este trabajo encuentra su justificación en varias razones, como la toxicidad de los materiales con que están hechas las pilas; su inadecuado manejo y la percepción de la ciudadanía con respecto a que las pilas gastadas que se desechan son nocivas para el ambiente y la salud, lo

cual ha originado reacciones inmediatas que se expresan generalmente en el intento por manejar los riesgos inherentes a través de la organización de programas de recolección. Sin embargo, cada vez que se intenta llevar a cabo acciones iniciales surgen fuertes interrogantes, por lo que a continuación se intentará dar respuesta a las preguntas más comúnmente formuladas sobre el tema.

### **¿CUÁNTOS TIPOS DE PILAS O BATERÍAS HAY?**

A lo largo de este trabajo se usarán los términos pilas y baterías, por lo que es necesario establecer la diferencia entre unas y otras. Pila es una unidad electroquímica separada y contenida en una caja cuadrada o redonda con dos terminales que representan los polos positivo y negativo. La batería contiene más de una pila o celda conectadas entre sí mediante un dispositivo permanente, incluidas la caja y las terminales. Generalmente las baterías son pesadas y de mayor tamaño, aunque también las hay de tamaño similar a las pilas normales, como es el caso de las baterías de 9 voltios (forma rectangular) que son de menor tamaño que una pila tipo A usadas en linternas.

Las pilas son dispositivos que convierten la energía química generada por la reacción de sus componentes en energía eléctrica. Sus partes internas esenciales son un electrodo positivo y un electrodo negativo (llamados ánodo y cátodo). Dependiendo del tipo de pila, sus componentes están constituidos por sustancias tóxicas como el Hg, Pb, Ni, y Cd, y otras veces por elementos no tóxicos como el Zn, que en cantidades balanceadas forma parte de nuestro organismo (oligoelemento). El tercer componente es un conductor iónico denominado electrolito.

Por su electrolito, las pilas se pueden clasificar en secas y húmedas. Generalmente, las pilas de uso doméstico tienen electrolito seco que puede ser alcalino o ácido (véase cuadro 1) y en algunos casos el electrolito ácido puede estar contenido en un gel cu-

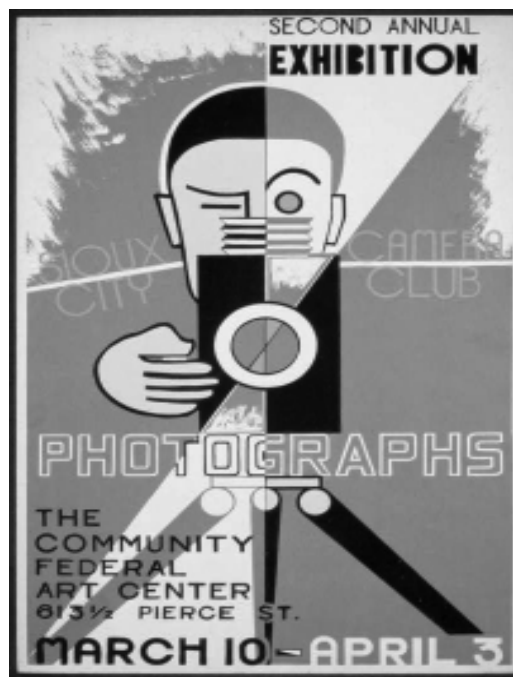
bierto por un material permeable o de fibra de vidrio, como es el caso de las baterías de plomo usadas para respaldar la corriente en los equipos de cómputo o en luces de emergencia en edificios y casas.

Dentro de la categoría de baterías húmedas están las baterías de plomo de uso automotriz que contienen ácido sulfúrico y cuyo mercado de reciclado actualmente tiene una amplia cobertura; esta categoría incluye también algunas baterías de níquel-cadmio para la industria, usadas como fuente emergente de energía eléctrica, por ejemplo, en el Metro; las baterías húmedas, además de los metales tóxicos que contienen, representan un riesgo adicional por el electrolito líquido ácido que puede derramarse en caso de no estar selladas.

Por su duración y de acuerdo con el tipo de manejo requerido, las pilas pueden agruparse en: primarias o desechables y secundarias o recargables. Generalmente, para efectos comerciales y técnicos, se les tipifica de acuerdo con sus componentes (véanse los cuadros 1 y 2).

Las pilas primarias son desechables debido a que sus componentes químicos, una vez que se convierten en energía eléctrica, ya no pueden recuperarse. Dentro de la categoría de pilas primarias se encuentran las pilas comunes y corrientes, generalmente de bajo precio denominadas carbón-zinc (C-Zn); tienen poca duración y constituyen una gran parte del volumen generado, y proceden en su gran mayoría del mercado asiático. También esta categoría de pilas primarias incluye las alcalinas, cuya duración es tres o más veces mayor que las anteriores.

Las pilas y baterías secundarias de uso doméstico, por ser recargables, se desechan proporcionalmente en menor volumen que las primarias; hay datos que indican que una pila de este tipo puede sustituir hasta 300 desechables, pero su desventaja consiste en que generalmente contienen metales tóxicos como el plomo, cadmio y níquel, y no siempre la tecnología de los aparatos puede usar ambos tipos



de baterías. Los nuevos diseños tienden a ser de tamaño y peso menor, sin embargo, los volúmenes de producción han aumentado considerablemente, situación que hay que evaluar desde la perspectiva ambiental.

### **¿CUÁNTAS TONELADAS O PIEZAS DE PILAS Y BATERÍAS SE HAN DESECHADO EN MÉXICO?**

Partiendo del hecho de que todas las pilas y baterías producidas para consumo nacional o importadas, ya sea legal o ilegalmente, se convierten en residuos, se puede calcular, durante los últimos siete años, un promedio de 35,500 toneladas anuales. Esta cifra comprende las baterías primarias (véanse cuadros 3, 5 y 8) así como las secundarias de Ni-Cd, Ni-MH (véanse cuadros 6, 7 y 8).

Para calcular la cantidad antes mencionada se consultaron las siguientes fuentes oficiales de información: Procuraduría Federal del Consumidor (Pro-

CUADRO 1. COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS PILAS PRIMARIAS (DESECHABLES)

TIPOS DE PILA	COMPONENTES	Usos
Carbón-Zinc (C-Zn)	Zinc 17% (ánodo) Dióxido de manganeso 29% (cátodo) Carbón: 7% Mercurio: 0.01% (electrolito, cátodo y ánodo) Cadmio: 0.08% Cloruro de amonio (electrolito) Cloruro de Zn (para las de alto rendimiento (electrolito)) Plástico y lámina 26%	Linternas, radios, juguetes, caseteras
Alcalinas	Zinc 14% (ánodo) Dióxido de Manganeso 22% (cátodo) Carbón: 2% Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo) Hidróxido de Potasio (electrolito) Plástico y lámina 42%	Juguetes, tocacintas, cámaras fotográficas, grabadoras
Óxido de mercurio* (HgO)	Óxido de mercurio (Hg 33%) (cátodo) Zinc 11% (ánodo) Hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (electrolito) Plástico y lámina 29%	Aparatos para sordera, calculadoras, relojes e instrumentos de precisión
Zinc-Aire (Zn-Aire)	Zinc 30% (ánodo) Óxígeno (del aire, cátodo) Mercurio 1% Plata 1% Plástico y lámina 67% Cloruro de sodio o hidróxido de sodio (electrolito)	Aparatos para sordera, marcapasos y equipos fotográficos
Óxido de plata (Ag <sub>2</sub> O)	Zinc 10% (ánodo) Óxido de plata 27% (cátodo) Mercurio 1% Cloruro de sodio o hidróxido de sodio (electrolito) Plástico y lámina 29%	Aparatos para sordera, calculadoras y relojes
Litio (Li)	Litio 10 al 30% Dióxido de manganeso (cátodo) Plástico y lámina 29%	Equipos de comunicación, radios portátiles, transmisores, instrumentos médicos, computadoras, celulares, calculadoras, cámaras fotográficas, agendas electrónicas

\*Aparentemente no se fabrican desde principios de la década de 1990.  
Fuente: Environment Canada. Report EPS 4/CE/1, 1991.

CUADRO 2. COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS PILAS SECUNDARIAS (RECARGABLES)

TIPOS DE PILA	COMPONENTES PRINCIPALES	Usos
Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Cd 18%, Ni 20%, hidróxido de potasio o de sodio	Juguetes, lámparas, artículos electrónicos, equipo electrónico portátil
Níquel-Metal Hidruro (Ni-MH)	Ni 25%, hidróxido de potasio	Productos electrónicos portátiles
Ion-Litio (Ion-Li)	Óxido de litio-cobalto (cátodo); Carbón altamente cristalizado (ánodo); Solvente orgánico (electrolito)	Telefonía celular, computadoras, cámaras fotográficas y de video
Plomo (Pb)	Plomo, ácido sulfúrico	Uso automotriz, industrial y doméstico

Fuente: Environment Canada. Report EPS 4/CE/1, 1991.

CUADRO 3. CONSUMO DE PILAS ALCALINAS Y DE C-ZN Y BATERÍAS DE NI-CD (PIEZAS)

AÑO	HABITANTES*	PRODUCCIÓN E IMPORTACIÓN DE ALCALINAS Y C-ZN	IMPORTACIÓN DE BATERÍAS NI-CD	PIEZAS POR HABITANTE
1988	77,434,974	367,723,817	16,353,654	4.96
1994	89,616,946	520,230,064	3,132,901	5.84
1995	91,120,433	365,799,992	-43,233,659 **	4.00
1996	92,646,700	402,748,600	26,205,621	4.63
1997	94,129,047	525,146,644	79,213,605	6.42
1998	97,329,435	416,215,259	81,138,154	5.11
<i>Promedio de consumo pilas por habitante para la década de 1990: 5.11</i>				

\* El número de habitantes se proyectó a partir de la información presentada Conapo 1998.

\*\* Según los datos oficiales, en 1995 la exportación de estas baterías fue de 57,088,937 piezas, mientras que la importación fue de tan sólo 13,145,330.

FECO) para calcular el consumo por tipo de batería, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para estimar los volúmenes de producción y para definir el consumo de pilas usadas en telefonía celular, Banco de Comercio Exterior (BANCO-MEXT) para calcular los volúmenes de importación y exportación y diferentes sitios de Internet de donde

se obtuvo información sobre el consumo de pilas por habitante a partir de lo cual se estimó el consumo de pilas de procedencia ilegal en México.

En el cuadro 3 se incluye información obtenida de la página web de INEGI sobre la producción de pilas a la que se le sumaron otros datos provenientes de los anuarios estadísticos y de la base de datos

sobre importaciones y exportaciones disponible en BANCOMEXT; el periodo analizado va de 1988 a 1998 (11 años), aunque en el cuadro se incluyen valores para seis años. Para los otros cinco no se pudieron reunir los datos de manera completa, debido a ausencias parciales; sin embargo, para los años encontrados (1988 y de 1994 a 1998) la información es consistente y completa.

De acuerdo con la información del cuadro 3 se puede inferir (considerando los datos oficiales del periodo 1994-1998) un promedio de consumo por habitante de aproximadamente 5.11 pilas para el periodo 1990-1999, sin embargo el dato antes mencionado refleja parcialmente la realidad ya que no se cuenta con información sobre baterías ingresadas de forma ilegal al país, o las que ya vienen contenidas en los aparatos. Para calcular ese dato (de las pilas ilegales) se recurrió a comparar el consumo per cápita en otros

países y así tener elementos para inferir una cifra sobre el consumo real relativamente coherente; por lo tanto, se consideró el consumo per cápita en países con características de consumo similares a México, como Argentina, España y Estados Unidos, cuyo promedio aproximado (de los tres) es de 10 pilas por persona (cuadro 4); un cálculo para México del mismo número de pilas por habitante al año puede ser un dato relativamente coherente y representativo para la década 1990-1999.

La diferencia de 10 pilas por habitante menos el consumo real de 5.11 pilas, obtenido de datos oficiales, da como resultado 4.89 pilas de procedencia ilegal consumidas por cada mexicano en promedio, de las cuales, una de cada 10 corresponde a pilas recargables. Cabe señalar que la proporción entre pilas consumidas de procedencia legal con respecto a las de procedencia ilegal tiende a invertirse, ya que la

CUADRO 4. CONSUMO DE PILAS EN OTROS PAÍSES

País	Año	Pilas por persona	Referencia
Chile	2001	7	<a href="http://www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm">www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm</a>
Argentina	1990	10	<a href="http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html">www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html</a>
EE.UU.	1998	11	<a href="http://www.epa.gov/epr/products/batteries.html">www.epa.gov/epr/products/batteries.html</a>
	2003	11.5	<a href="http://www.informinc.org/fact_CWPbattery.php">www.informinc.org/fact_CWPbattery.php</a>
España	2003	10	<a href="http://www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos/">www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos/</a>
Ecuador	2001	10.6	<a href="http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf">www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf</a>
Japón	2000	24	<a href="http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm">www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm</a>
Filipinas	2000	5	<a href="http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm">www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm</a>
Sri Lanka	2000	5	<a href="http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm">www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm</a>
India	2000	2	<a href="http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm">www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm</a>

nueva división internacional del trabajo ha impuesto una tendencia cuyas consecuencias influyeron para que a partir de 2002 ya no se produzcan pilas alcalinas o C-Zn en México, y se consuman las importadas, predominando el mercado ilegal.

#### VOLUMEN GENERADO DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS, CARBÓN-ZINC Y ALCALINAS

Para calcular en toneladas el volumen de consumo de pilas o baterías primarias se utilizó un criterio obtenido a partir de una encuesta cuyos resultados se presentan en un estudio publicado en la *Revista del Consumidor*, titulado: “Quién es quién en pilas eléctricas” (véase cuadro 5). Los datos de consumo corresponden a 1997, año que, de acuerdo con las estadísticas, presentaba mayor coherencia.

#### BATERÍAS SECUNDARIAS DE NI-CD, ION-LI Y NI-MH

Es difícil calcular el consumo real de este tipo de baterías debido a que generalmente vienen ya incluidas

en diferentes aparatos (como aspiradoras, cámaras de video, etc.) y no se ven reflejadas en las estadísticas oficiales; por lo tanto, los volúmenes se estimaron a partir de la información oficial disponible.

Este tipo de baterías presenta la ventaja de reducir de 100 a 300 veces o más el volumen generado de pilas desechables o primarias, sin embargo, algunos de sus componentes son más tóxicos, motivo por el que se debe establecer un programa de recolección y reciclado en México para este tipo de pilas y baterías.

Las baterías de Ni-Cd, debido a sus bondades (aptas para trabajo rudo, bajo costo y capacidad de almacenamiento), han sido utilizadas en todo tipo de aparatos portátiles como aspiradoras, herramientas, cámaras de video, computadoras, teléfonos celulares, inalámbricos y de intercomunicación remota; también existen en formato idéntico a las comunes (AA, AAA, 9 voltios medianas y grandes). A partir del 2000 estas baterías han empezado a ser sustituidas por las de Ion-Litio y Ni-MH especialmente en telefonía celular y en computadoras portátiles debi-

CUADRO 5. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE PILAS DESECHABLES (ALCALINAS Y C-ZN) EN 1997 (TON)

TIPO DE PILAS	PORCENTAJE CONSUMIDO*	BATERÍAS CONSUMIDAS DE IMPORTACIÓN LEGAL	BATERÍAS CONSUMIDAS DE ORIGEN ILEGAL (CÁLCULO)	PESO EN KG***	CÁLCULO TONELADAS /AÑO
AA	54.73	287,412,758	176,168,964	0.025	11,590
AAA	18.3	96,101,836	58,905,391	0.01	1,550
C (medianas)	8.3	43,587,171	26,716,653	0.065	4,570
D (grande)	5.33	27,990,316	17,156,597	0.095	4,289
9V	4.17	21,898,615	13,422,704	0.040	1,413
Otros tamaños****	9.17	48,155,947	29,517,073	0.05	3,884
Total	100 %	525,146,644**	321,887,381**		27,295

\* Fuente: Procuraduría Federal del Consumidor 1997.

\*\* La suma de las baterías legales e ilegales es igual a 847,034,025 pilas, cifra que dividida entre 94,129,047 habitantes, da como resultado nueve pilas por habitante.

\*\*\* Datos obtenidos a partir del peso real promedio por tipo y marcas de baterías.

\*\*\*\* Dentro de esta categoría están decenas de tipos de pilas cuyos pesos oscilan de un gramo (como en el caso de las pilas de reloj) hasta 1,195 gramos (como son las baterías para lámparas de mesa), por lo cual se estimó el peso promedio indicado.



do a que tienen un peso menor. Sin embargo, las Ni-Cd aún no tienen sustitutos en herramientas y otras aplicaciones, como en el caso de los teléfonos inalámbricos domésticos.

El consumo de baterías Ni-Cd para teléfonos celulares para los últimos ocho años se puede obtener a partir del número de personas que desde 1997 (año en que se empieza a generalizar el uso de telefonía celular) utilizan este servicio. De acuerdo con los datos de INEGI, en mayo de 2003 existían un total de 27,164,729 usuarios, que usaron hasta 2001 principalmente modelos con baterías de Ni-Cd; para el 2002 dicha tecnología es sustituida por Ion-Li y Ni-

MH. Por tanto, el cálculo en toneladas para los tres tipos de baterías se hace a partir del peso promedio de cada una de ellas (véase cuadro 6). Cabe mencionar que la cifra en toneladas obtenida está ligeramente subestimada, ya que es probable que una minoría de usuarios ha cambiado ya una o más veces la pila a sus teléfonos; también hay que considerar que la gran mayoría de usuarios ha cambiado de aparato antes de que la pila se descarte.

Otro universo de baterías Ni-Cd lo representan las usadas en los teléfonos inalámbricos domésticos. Partiendo del supuesto de que existen 15 millones de usuarios, de los cuales, según estimaciones conser-

CUADRO 6. CÁLCULO, CONSUMO Y CONTENIDO DE CONTAMINANTES EN BATERÍAS EN TELEFONÍA CELULAR (TON)

AÑO	NÚMERO DE USUARIOS	INCREMENTO ANUAL DE USUARIOS	TIPO DE BATERÍA	PESO PROM (KG)	TON	CONTENIDO DE DE Cd (18%)	** Ni (20% EN Ni-Cd; 25% EN	COMPUESTOS CON Li (25%)
1995	688,513	688,513	Ni-Cd	0.14	96.39	17	19	-
1996	1,021,900	333,387	Ni-Cd	0.13	43.34	8	9	-
1997	1,746,972	725,072	Ni-Cd	0.12	87.01	16	17	-
1998	3,349,475	1,602,503	Ni-Cd	0.1	160.25	29	32	-
1999	7,731,635	4,382,160	Ni-Cd	0.09	394.39	71	79	-
2000	14,073,741	6,342,106	50% Ni-Cd	0.08	253.68	46	51	-
		50% NiMH	0.09	285.39	-	71	-	-
2001	21,757,090	7,683,349	50% Ni-Cd	0.07	268.92	48	54	-
			25% NiMH	0.085	163.27	-	41	-
			25% Ion-Li	0.06	115.25	-	-	29
2002	25,928,263	4,171,173	30% Ni-Cd	0.07	87.59	16	18	-
			40% NiMH	0.045	75.08	-	19	-
			30% Ion-Li	0.04	50.05	-	-	13
A mayo de 2003	27,164,729	1,236,466	15% Ni-Cd	0.07	12.98	2	3	-
			50% NiMH	0.045	27.82	-	7	-
			35% Ion-Li	0.035	15.15	-	-	4
Totales		27,164,729*			2,136.58	253	419	46

\* Fuente: S.C.T., Dirección General de Políticas y Normas de Comunicaciones.

\*\* Fuente: Environment Canada. Report EPS 4/CE/1, 1991.

vadoras (ya que hay casas que tienen dos o más aparatos) un tercio (cinco millones) consume una batería de aproximadamente 45 gramos en promedio cada tres años, se alcanza un volumen de 75 toneladas al año, de las cuales 18% de su contenido es cadmio y el 20% níquel (cuadro 7).

En cuanto al consumo de baterías Ni-Cd para radios intercomunicadores de dos vías (*walkie talkie*), se calcula que de 1995 a la fecha se han consumido 805,000 baterías de este tipo, correspondiendo una cantidad aproximada de 100,000 para el año de 1997 (cuadro 7).

CUADRO 7. CONSUMO DE BATERÍAS DE NI-CD EN 1997 (TONELADAS)

TIPOS DE BATERÍA RECARGABLE	BATERÍAS DE IMPORTACIÓN LEGAL*	PESO (KG) (CÁLCULO)	TONELADAS/ AÑO*
Las importadas con fracción arancelaria: 85.06.80	77,285,016	0.100	7,729
Las importadas con fracción arancelaria: 85.07.30	127,378	0.300	38
Celulares	1,746,972	0.150	262
Radios intercomunicadores de dos vías	100,000	0.100	11
Teléfonos inalámbricos	5,000,000	0.045	225
Cámaras, herramientas, computadoras, radios de intercomunicación, etc.	ND	ND	ND
Total	84,259,366		8,265

\* Fuente: página web de BANCOMEXT.

CUADRO 8. CÁLCULO DEL CONSUMO DE PILAS Y BATERÍAS POR DÉCADA (PIEZAS)

PERIODO	PROMEDIO POR HABITANTE*	CONSUMO PILAS LEGALES POR HABITANTE	CONSUMO DE PILAS ILEGALES POR HABITANTE	CÁLCULO DEL CONSUMO 1960-2002 (MILLONES DE PIEZAS)
1960 – 1969	40,814,636	0.47**	N/D	191.83
1970 – 1979	56,650,315	1.30**	N/D	736.45
1980 – 1989	73,235,743	2.70**	1.50	3,076.00
1990 – 1999	88,416,065	5.11	4.89	8,842.00
2000 – 2002	98,651,275	5.70	4.30	2,960.00
Total				15,806.28

\* Para llegar a este dato, que aritméticamente representa el promedio de habitantes en el periodo respectivo, se sumó el número de habitantes del primero y último año de cada década y se dividió entre 2.

\*\* Para determinar el consumo por habitante en las tres primeras décadas se tomó como base la década de 1990 (véase el cuadro 3), lo que dio como resultado el 2.36 para la década de 1960; 3.27 para la década de 1970 y 4.23 para la década de 1980, lo cual expresa una relación proporcionalmente directa entre población y consumo, pero no se considera que en la medida que ha avanzado el tiempo han aparecido nuevas aplicaciones de baterías. Por lo tanto, el valor de 2.36 se calculó al 20% dando como resultado el 0.47, para la década de 1970 se calculó el valor de 3.27 al 40% y para la década de 1980 al 65%. Dichos porcentajes son proporcionales al número de aplicaciones (cuadro 11).

Calcular el consumo de baterías Ni-Cd en el resto de las aplicaciones diferentes a la telefonía resulta difícil, ya que generalmente todos los aparatos vienen provistos de una batería; sin embargo, a diferencia de la telefonía celular y de los radios intercomunicadores es difícil obtener estadísticas sobre producción o importación de aparatos que discrimine cuáles son portátiles o no, por lo que en el cuadro 7 simplemente se presenta la fuente de generación pero no las cantidades. De cualquier forma, es importante destacar la urgencia de un programa de comunicación y manejo de riesgos para esta corriente de baterías descartadas.

### ¿CUÁNTAS TONELADAS DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES SE HAN GENERADO EN MÉXICO EN LAS ÚLTIMAS CUATRO DÉCADAS?

A partir de la información existente para la década de 1990, para la que se calcula un consumo promedio de 10 pilas por habitante (5.11 pilas de origen legal y 4.89 de origen ilegal), se proyecta un cálculo retrospectivo para las tres décadas anteriores y prospectivo para los años 2000-2002. Dicha proyección considera que el crecimiento poblacional ha sido directamente proporcional al crecimiento del desarro-

llo tecnológico, y de los patrones de consumo de los habitantes (cuadros 8 y 11). Cabe mencionar que para las décadas de 1960 a 1970 no se ha considerado el consumo de origen ilegal.

Para que no se formen percepciones exageradas con respecto al daño real que causan el volumen de contaminantes expresados en los cuadros 8 y 10, es importante aclarar que lo que aquí se presenta es un escenario teórico donde se consideran a las sustancias químicas que contienen las pilas cuando no han sido usadas; obviamente, una vez que cumplen su cometido de generar energía y son desechadas, los compuestos a que dan origen en el medio ambiente son diferentes debido a que la acción microbiana, mecánica, de la humedad, etc. pueden descomponerlos en sales, ácidos o bases cuyas propiedades físicas y toxicológicas difícilmente se pueden determinar debido a las condiciones del sitio donde sean desechadas. Definir exactamente qué es lo que pasa con las sustancias y los compuestos a que dan origen sería motivo de varios estudios; por lo pronto, sólo se puede establecer cuantitativamente la liberación al ambiente de estos contaminantes a pesar de no saber su movilidad y sus transformaciones en el ambiente ni su posible ingreso en los organismos.

CUADRO 9. CÁLCULO DE EMISIONES DE METALES TÓXICOS EN 1997 (TONELADAS)

TIPO DE PILA	PILAS GENERADAS*	Hg**	Cd**	Ni**	MnO <sub>2</sub> **	Li**
		0.01 % (A) 33 % (B)	0.08 % (A) 18 % (C)	20 % (C)	29 % (A)	25 % (B)
a) Alcalinas y C-Zn	27,295.0	3	22	-	7,916	-
b) HgO	47.0	15	-	-	-	-
c) Ni-Cd	8,265.0	-	1,488	1,653	-	-
d) Li	76.6	-	-	-	-	7.6
Totales	35,683.6	18	1,510	1,653	7,916	7.6

\* Datos obtenidos de la información disponible en las páginas web de BANCOMEXT e INEGI.

\*\* Véanse cuadros 1 y 2.

CUADRO 10. CÁLCULO DE CONTAMINANTES GENERADOS EN LAS ÚLTIMAS CUATRO DÉCADAS (TONELADAS)

PERIODO	PILAS GENERADAS*	Hg**	Cd**	Ni**	MnO <sub>2</sub> **	ION-Li**
60 - 69	7,715	77	3.0	0	1,929	0
70 - 79	29,619	296	11.8	0	7,405	0
80 - 89	123,709	619	0.0	0	30,927	0
90 - 99	355,600	180	15,100.0	16,530	79,160	13.4
00 - 02	119,029	60	5,054.0	5,533	26,497	63.9
Total de pilas y baterías	635,673					
Total de contaminantes	1,232	20,168.8	22,063	145,918	77.3	
<i>Total de contaminantes generados en 43 años: 189,382 toneladas</i>						

\* Se tomó como base la década de 1990, que se obtuvo de multiplicar 35,560 toneladas calculadas para 1997 por diez años; la proyección para las tres décadas anteriores se obtuvo de manera similar a lo calculado en el cuadro 8.

\*\* Se tomó como base el año 1997 para el cálculo proporcional de los valores de sustancias tóxicas contenidas en el volumen total de pilas consumidas por década (cuadro 9).

El cuadro 11 permite observar la tendencia geométrica en el consumo de las pilas y baterías.

#### ¿CUÁLES SON LOS POSIBLES RIESGOS CON RESPECTO A LA TOXICIDAD Y PELIGROSIDAD DE LAS PILAS?

Una evaluación de riesgos para la salud y el ambiente por la exposición a los contaminantes referidos es di-

fícil, ya que el ámbito geográfico donde se depositan las pilas es muy amplio (todo el país) así como su distribución temporal y poblacional; sin embargo, aunque no se pueda cuantificar es seguro que los componentes tóxicos de las pilas y baterías, así como los compuestos a que dan origen cuando son desechadas, se pueden encontrar en cantidades mínimas en los tejidos de los organismos que integran los diferen-

CUADRO 11. APLICACIONES DE PILAS Y BATERÍAS DE 1960-2002

Usos	1960	1970	1980	1990	2000-2002
Lámparas, radios, cámaras fotográficas, rasuradoras, juguetes	X	X	X	X	X
Radiograbadoras, aparatos para sordera, calculadoras, relojes	X	X	X	X	
Teléfonos inalámbricos, aparatos de medición para la salud, alarmas, instrumentos de medición			X	X	X
Control remoto, radio telefonía, herramientas, equipo de cómputo, <i>walkman</i> y <i>discman</i> , para pastoreo de ganado, cepillos dentales				X	X
Quita pelusas para ropa					X



tes ecosistemas, incluido el organismo humano, además de los contaminantes procedentes de otras fuentes. Por lo tanto, al no existir una certidumbre científicamente satisfactoria con respecto a la relación causa-efecto de los contaminantes generados por las pilas es necesario considerar el enfoque precautorio que propone investigar e informar, en un primer momento, a la población potencialmente expuesta al riesgo e intentar actuar para contrarrestar los posibles impactos a la salud y al ambiente a través de implementar su disposición o reciclaje, y en el mediano plazo reducir los volúmenes de consumo de pilas y baterías; disminuir esos impactos sólo se logrará a través de una percepción social de la problemática.

En términos generales, las pilas, al ser desechadas se oxidan con el paso del tiempo por la descomposición de sus elementos y de la materia orgánica que las circunda, lo que provoca daños a la carcasa o envoltura y, por consiguiente, la liberación al ambiente de sus componentes tóxicos a los suelos cer-

canos y a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Otras causas de considerable importancia que contribuyen a la liberación de esos componentes son los incendios de los basureros o la quema intencional de basura, lo cual representa un aporte significativo de esos contaminantes al aire.

## MERCURIO

En México la liberación del mercurio contenido en pilas ha ocurrido a consecuencia del uso de tres tipos de pilas: las de óxido de mercurio, las de C-Zn y las alcalinas. En el primer tipo, el contenido de dicho metal es del 33% y se usaron tanto en su presentación de botón como en otros tamaños a partir de 1955. Teóricamente, se dejaron de producir en 1995, aunque hay fuentes de información que indican que dicho proceso continúa en Asia y se distribuyen en el mercado internacional. Para el segundo y tercer tipo de pilas, se sabe que durante varias décadas, antes de 1990, se les agregaba mercurio (entre 0.5 a 1.2%) para optimizar su funcionamiento, siendo las alcalinas las de mayor contenido; también el carbón que contienen algunas veces está contaminado con este metal de manera natural. En 1999, el INE solicitó un análisis de muestras de tres diferentes marcas de pilas del tipo AA de consumo normal en México, de las cuales dos eran de procedencia asiática (de C-Zn) y una alcalina de procedencia europea. Los resultados fueron los siguientes: para las de procedencia asiática, los valores obtenidos fueron de 0.18 mg/kg y de 6.42 mg/kg; en cuanto a la de procedencia europea el resultado fue de 0.66 mg/kg; dichas cantidades, equivalentes a partes por millón, no rebasan los límites de 0.025% establecidos en el Protocolo sobre metales pesados adoptado en 1998 en Aarhus, Dinamarca, por los países miembros de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE). El muestreo anterior fue un hecho aislado y sería conveniente en un futuro seguir analizando el

contenido de mercurio en el mayor número de marcas posibles.

Según los cálculos presentados en el cuadro 10, se estima que se han liberado 1,232 toneladas durante los últimos 43 años. En México, otras fuentes de mercurio la constituyen la industria de cloro/sosa que lo utiliza en su proceso; también productos como termómetros, varios tipos de interruptores y lámparas fluorescentes. Según información oficial ya no se extrae mercurio en México, aunque se dispone de datos sobre importación por un monto de 130 toneladas en los últimos tres años.

El mercurio es un contaminante local y global por excelencia, la química ambiental correspondiente a este metal tóxico es muy compleja, dadas sus propiedades; se evapora a temperatura ambiente y sus átomos viajan lejos; al ser depositado en los cuerpos de agua se transforma en mercurio orgánico (metil-mercurio) por mecanismos aeróbicos o anaeróbicos, es así como se contaminan, entre otros, los pescados y mariscos. Otra forma de ingreso de mercurio es por inhalación de los vapores emitidos por el mercurio en su forma metálica en ambientes cerrados.

El metil-mercurio puede atravesar la placenta, acumularse y provocar daño en el cerebro y en los tejidos de los neonatos, quienes son especialmente sensibles a esta sustancia. También puede existir exposición al mercurio a través de la leche materna; en este caso, los efectos pueden provocar problemas de desarrollo, retrasos en el andar, en el habla o mental, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En adultos, la exposición constante a través de la ingesta de alimentos contaminados, pescados por lo general, puede provocar cambios de personalidad, pérdida de visión, memoria o coordinación, sordera o problemas en los riñones y pulmones.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera

al metil-mercurio y sus compuestos como posiblemente carcinogénico en seres humanos (Grupo 2B).

El metil-mercurio, que es la forma más tóxica, se acumula en los tejidos de peces; las especies de mayor tamaño y de mayor edad tienden a concentrar niveles de mercurio más altos.

#### CADMIO

En México, las baterías de Ni-Cd empezaron a usarse a partir de la segunda mitad de la década de 1960 en aparatos portátiles como rasuradoras recargables, aspiradoras y en cualquier otro útil doméstico con fuente de energía integrada, así como en los vagones del Metro. Su uso generalizado se da a partir de 1996 en la telefonía celular hasta el 2002, cuando fueron sustituidas por otras tecnologías más eficientes; sin embargo, aún son ampliamente usadas en herramientas y teléfonos inalámbricos domésticos.

Se calcula que en las últimas cuatro décadas y media en México se han liberado al ambiente 20,169 toneladas de este metal (véase cuadro 10), las cuales es posible que se encuentren en tiraderos municipales o guardadas en el hogar. Por lo general, estas baterías cuentan con un recubrimiento fuerte de plástico que durante varios años puede impedir la liberación de los metales tóxicos; sin embargo, los incendios en basureros o la quema de baterías es un riesgo importante para que el Cd y el Ni sean liberados al ambiente.

Una vía importante es la ingesta de agua contaminada y de alimentos que contienen cadmio; casi todo alimento tiene cadmio en bajos niveles (los niveles más altos se encuentran en mariscos, hígado y riñones); también fumar duplica los niveles de cadmio en el organismo.

En el nivel doméstico, las baterías usadas en los teléfonos inalámbricos son una fuente importante de Cd debido a que tienen una envoltura relativamente frágil.

Respirar cadmio en altas dosis produce graves lesiones en los pulmones, y cuando se ingiere generalmente se acumula en los riñones. Cuando se expone un individuo a altas dosis puede causar su muerte.

La IARC considera el cadmio y sus compuestos como carcinogénicos para los humanos (Grupo 1).

El cadmio que se emite al ambiente se disuelve parcialmente en el agua, pero no se degrada, por lo que las plantas, peces y otros animales asimilan este metal, que puede permanecer en el organismo durante largo tiempo y puede acumularse después de años de exposición a bajos niveles.

#### NÍQUEL

Las aportaciones de níquel al ambiente en México corresponden al uso de baterías de nueva tecnología de Ni-Cd y Ni-MH que aparecieron en el mercado a finales de la década de 1990; se calcula que hasta el año 2002 han sido liberadas alrededor de 22,063 toneladas de este metal (véase cuadro 10).

El efecto adverso más común de exposición al níquel en seres humanos es una reacción alérgica. Entre el 10 y 15% de la población es sensible a él. Con menor frecuencia, algunas personas que son sensibles a este metal sufren ataques de asma luego de periodos de exposición. La ingesta de agua con altos niveles de este elemento ocasiona dolores de estómago y efectos adversos en la sangre y los riñones.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el níquel metálico es carcinogénico y que sus compuestos son sustancias reconocidas como carcinogénicas. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que algunos compuestos de níquel son carcinogénicos para seres humanos, por lo que los clasifica en el Grupo I, mientras el níquel metálico es posiblemente carcinogénico en seres humanos, Grupo 2B. La EPA ha de-

terminado que los polvos de refinerías de níquel y el subsulfuro de níquel son carcinogénicos en seres humanos.

#### MANGANESO

Dado que el mayor volumen consumido de pilas son alcalinas y C-Zn (aproximadamente el 76% del consumo total de pilas y baterías), el óxido de manganeso contenido en ellas es el contaminante que en mayor volumen se ha liberado al medio ambiente en las últimas cuatro décadas, lo que representa aproximadamente 145,917 toneladas (cuadro 10).

Respecto de los efectos adversos ocasionados en la salud humana por esta sustancia, diversos estudios sugieren efectos neurológicos serios por exposición oral al manganeso. Por ejemplo, un estudio hecho por la OMS reporta que en 1981 se notificó una intoxicación en una comunidad de Japón debido a que cerca de un pozo de agua se enterraron aproximadamente 400 piezas de pilas a una distancia aproximada de dos metros, lo cual provocó 16 casos de envenenamiento, tres fueron fatales (incluyendo un suicidio); los niveles de manganeso detectados en el agua de ese pozo fueron de 14 miligramos por litro, mientras que en otros dos pozos los niveles alcanzaron 8 y 11 miligramos por litro. Los sujetos de la comunidad exhibieron desórdenes de tipo psicológico y neurológico asociados a la intoxicación por manganeso. La autopsia reveló altos niveles de dicho metal y de zinc en sus órganos.

Sin embargo, en otro estudio sobre este elemento reportado por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) hace referencia al mismo caso, pero menciona que hay otros aspectos que sugieren que existieron otros factores, además del manganeso, que pudieron haber contribuido a la intoxicación referida. Por las razones antes mencionadas, se aclara que la información científica presentada a continuación se

refiere específicamente a los efectos del manganeso en términos generales y no estrictamente a los compuestos de manganeso presentes en el ambiente a consecuencia de la inadecuada disposición de pilas.

La exposición a niveles de manganeso muy altos durante largo tiempo ocasiona perturbaciones mentales y emocionales, y provoca movimientos lentos y faltos de coordinación. Esta combinación de síntomas constituye una enfermedad llamada «manganismo» que afecta a la parte del cerebro que ayuda a controlar los movimientos.

### *Litio*

Se calcula que en México, desde principios de la década de 1990 a la fecha, se han generado aproximadamente unas 77 toneladas de este elemento por el uso y desecho de baterías (véase cuadro 10); considerando que la tecnología de baterías Ion-Li es la más eficiente disponible en el mercado, se espera un aumento relativamente alto en el ambiente de este elemento y sus compuestos (en caso de no iniciar programas de recolección y reciclado de este tipo de baterías).

Los síntomas por intoxicaciones agudas de litio son fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. Dado que el litio es usado también en medicamentos, resulta ser de alta toxicidad cuando se ha administrado erróneamente; también se ha usado en casos de suicidio, lo que da como resultado efectos negativos serios al sistema nervioso, provocando anorexia, náusea, movimientos musculares involuntarios, apatía, confusión mental, visión borrosa, temblores, estado de coma e incluso la muerte.

Dada su baja adsorción, el litio puede lixivarse fácilmente a los mantos acuíferos, por lo que se ha encontrado en pequeñas cantidades en diferentes especies de peces. El litio no es volátil y, por lo tanto, este metal y sus compuestos se encuentran en el aire en forma particulada, por lo que pueden regresar a

la superficie a través de deposición húmeda o seca; el litio no se encuentra de manera natural en el aire.

### OTRAS SUSTANCIAS GENERADAS POR PILAS Y BATERÍAS

El zinc forma parte de los elementos que constituyen al organismo humano; sin embargo, el ingreso de altas dosis de este elemento podría afectar la salud y la productividad de los suelos, lo que puede resultar por practicar una inadecuada disposición de estos residuos. Los diferentes tipos de electrolitos ácidos o alcalinos (cloruro de amonio/zinc, hidróxido de sodio/potasio) contenidos en pilas y baterías, pueden representar un riesgo para la salud ya que pueden ocasionar quemaduras e irritaciones en la piel y también afectar los suelos.

### **¿CÓMO SE HA MANEJADO EL RIESGO EN MÉXICO?**

A pesar de la contaminación originada por la inadecuada disposición de pilas y baterías y de la percepción del riesgo que tiene la sociedad con respecto a los efectos ambientales que este hecho representa, se ha hecho muy poco, debido a diferentes causas de tipo legal y económico que explicaremos más adelante. Se ha intentado organizar programas de recolección de baterías en el país, pero no se considera que el reciclado de las baterías alcalinas o C-Zn, por ejemplo, no es viable, en términos económicos, ya que la energía utilizada en el proceso no es costada por los materiales recuperados como son el carbón o el zinc, debido a que el precio de estos materiales en el mercado es demasiado bajo. Dichos programas tampoco consideran que, en caso de que se optara por una disposición final, no se cuenta con la infraestructura adecuada en los municipios para recibirlos; además, todo programa de recolección debe contemplar la separación de las diferentes tipos de baterías, ya que cada uno requiere de tecnología diferente para ser dispuesto o reciclado.



No obstante lo anterior, se han llevado a cabo varios intentos de programas de recolección en diferentes ciudades del país, así como iniciativas en escuelas, centros comerciales y a través de organizaciones civiles. También algunos sectores académicos han intentado desarrollar tecnología para la disposición segura o reciclado sin éxito aparente. Por parte del sector gubernamental, el Instituto Nacional de Ecología organizó en diciembre de 1998 en la Ciudad de México un taller sobre reciclado de baterías Ni-Cd, donde se hicieron propuestas de diferentes países miembros de la OCDE para apoyar a México en este asunto, pero a la fecha no hay avances.

#### **¿DÓNDE SE DEPOSITAN O RECICLAN EN MÉXICO LAS PILAS Y LAS BATERÍAS?**

Desde que se propagó el uso de baterías en México, a partir de los inicios de la década de 1960, éstas se han desechado en forma inapropiada; en el mejor de los casos van a dar a tiraderos municipales que cumplen con las especificaciones técnicas, aunque esto no significa que cuenten con programas de manejo adecuado y disposición para estos productos, y en el peor de los casos, se tiran cerca de ecosistemas frágiles, cuerpos de agua o se emiten al aire sus componentes tóxicos a través de la quema de basura.

Las prácticas de reciclado en México han estado ausentes debido a los altos costos económicos y las prácticas con tecnologías no adecuadas han dado lugar a costos ambientales no estudiados. A pesar de lo anterior, muchos grupos de ciudadanos se han preocupado por organizar programas de recolección sin pensar en la disposición final o reciclado, lo cual ha llevado a la necesidad de pensar en alternativas para disposición segura y reciclado.

Legalmente, de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-1993, vigente hasta que no se emita el nuevo Reglamento en materia de residuos peligrosos y sus respectivas normas que establece las características

de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, los residuos que hayan sido clasificados como peligrosos y los que tengan las características de peligrosidad conforme a lo que en ella se establece, como en el caso de las pilas y baterías, deberán ser manejados de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de residuos peligrosos, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás procedimientos aplicables.

Sin embargo, la correcta disposición final, conforme los términos legales antes descritos, únicamente puede realizarla una empresa ubicada en el estado de Nuevo León; en cuanto al transporte y tratamiento, en la página de SEMARNAT existe una lista de empresas autorizadas para ofrecer tales servicios. Desafortunadamente, el marco legal en la década de 1990 ha sido rígido para fomentar un manejo adecuado de pilas y baterías y propiciar el éxito de algunos programas propuestos, lo que finalmente ocasiona que el ciudadano preocupado por el destino de estos residuos termine desechándolas en cualquier lugar o, en el mejor de los casos, en la basura al no existir otras opciones prácticas.

#### **¿CUÁNTO CUESTA LA DISPOSICIÓN SEGURA?**

A pesar de lo anterior, sí existen opciones, aunque se debe considerar que los residuos, en términos económicos, se pueden clasificar en dos categorías:

- a) los que su reciclado es costeable (residuos rentables como el aluminio, el cartón, etc.) y
- b) los que hay que pagar para que sean dispuestos o reciclados de forma segura.

Las pilas, especialmente las desechables, se ubican en el segundo apartado, y de acuerdo con lo

CUADRO 12. COSTO POR CONFINAMIENTO DE PILAS PRIMARIAS

TIPO DE PILAS	COSTO POR CONFINAMIENTO DE PILAS (TAMBOR DE 250 KG)	PESO (KG)	COSTO UNITARIO POR DISPOSICIÓN (\$ M.N.)
AA	\$600.00	0.025	0.06
AAA	\$600.00	0.010	0.02
C (medianas)	\$600.00	0.065	0.16
D (grande)	\$600.00	0.095	0.23
9V	\$600.00	0.040	0.10
Otros tamaños	\$600.00	0.050	0.12

mentado referente a las empresas prestadoras de servicios, el costo por un contenedor de 250 kilogramos de cualquier tipo de baterías para transportarlas desde la Ciudad de México a Mina, en el estado de Nuevo León, es aproximadamente de 600 pesos.

Para tener una idea clara (cuadro 12) de lo que serían los costos se puede considerar, por ejemplo, que para confinar en un sitio seguro una batería tipo AA (las más usadas), costaría aproximadamente 6

centavos mexicanos y por enviar a reciclar una batería de Ni-Cd a EE.UU. de aproximadamente 100 gramos, costaría 15 centavos de dólar; confinarla en México costaría 25 centavos mexicanos.

Si se proyecta teóricamente un escenario donde se estableciera un programa de recolección exitoso y se acopiaran aproximadamente 10 millones de pilas del tipo AA, su confinamiento costaría aproximadamente 600 mil pesos.

### ¿SE PUEDEN RECICLAR Y CUÁNTO CUESTA HACERLO?

Lamentablemente en México no existen empresas recicladoras para pilas desechables (carbón-zinc y alcalinas) además, como se mencionó, no es costea-ble dado que el costo económico y ambiental de la energía invertida en el proceso no compensaría el valor de los materiales recuperados.

Con respecto al reciclado de pilas recargables de Ni-Cd, Ni-MH o Ion-Li, en México no existe todavía una empresa con la capacidad de hacerlo, debido a que se requiere de una tecnología limpia, de alto costo, disponible sólo en países como EE.UU., Francia (dos plantas), Japón, Alemania y Suecia. Me-

CUADRO 13. COSTOS POR RECICLADO DE BATERÍAS RECARGABLES EN EUA

TIPO DE BATERÍA	COSTO DE RECICLADO (DÓLARES/KG) *
Níquel-Cadmio (seca) (Reciclada en EE.UU. por INMETCO)	1.20
Ion-Litio (si contiene cobalto) (Reciclada en EE.UU. por INMETCO)	1.00
Ion-Litio (si no contiene cobalto) ** (Reciclada en EE.UU. por INMETCO)	8.70
Plomo húmeda y seca (Reciclada en EE.UU. por INMETCO)	1.52
BATERÍAS QUE PUEDEN TENER UN VALOR COMO RESIDUO	PRECIO EN EL MERCADO (DÓLARES/KG)
Níquel-metal hidruro (a partir de una tonelada)	0.05

\*Incluye 15% por gastos de transporte sin considerar utilidades del prestador del servicio nacional.

\*\* Tiene cierto valor siempre que se maneje en grandes volúmenes.

dante esta tecnología se recupera el níquel y el cadmio; el primero sirve de materia prima para manufacturar acero inoxidable, mientras que el cadmio se ingresa nuevamente al mercado, aunque cada día con menos demanda debido a su toxicidad. De acuerdo con una cotización solicitada a una recicladora y considerando los gastos de transporte, los costos serían similares a los indicados en el cuadro 13.

### **¿QUÉ HA IMPEDIDO PONER EN PRÁCTICA PROGRAMAS PARA ATENDER ESTE PROBLEMA?**

#### **ASPECTOS LEGALES**

Como ya se ha explicado en los párrafos anteriores, el marco legal ha impuesto al manejo y al reciclado de pilas una carga económica y administrativa muy alta, que, a diferencia de los peligrosos de origen industrial (para los que fue diseñado el marco legal), son generados por casi todos los habitantes del país. También algunos vacíos e imprecisiones en conceptos legales y consecuentemente diferentes criterios para interpretar la normatividad han inhibido las iniciativas sociales para llevar a cabo programas de recolección y reciclado. A continuación se presentan algunos ejemplos.

Los fundamentos legales que regulan el manejo de pilas y baterías se basan en la publicación de la LGEEPA, publicada en 1988 y modificada en tres ocasiones (1999, 2001 y 2003). En su título primero, capítulo II, artículo 11 se establece que: «La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los Estados o el Distrito Federal asuman las siguientes funciones:

II.- El control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad conforme a las disposiciones del presente ordenamiento.»

Esto significa que los residuos peligrosos de *baja peligrosidad* podrían ser manejados a nivel estatal y

no de acuerdo con los requerimientos de la ley federal; sin embargo, en ningún momento se define el concepto de baja peligrosidad ni se indica si las pilas o baterías entrarían en esta categoría y, por lo tanto, aún no se han tomado las acciones correspondientes.

La ley, en el título cuarto, capítulo VI, artículo 150, menciona lo siguiente: «Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría,... La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá, según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.»

En la práctica, el correspondiente reglamento de la ley es lo suficientemente estricto tratándose de residuos industriales peligrosos, pero dificultó y elevó los costos de manejo de pilas debido a que, por ejemplo, para transportar o almacenarlas se requiere de transporte y lugares especiales cuyo costo de acondicionamiento es elevado por las especificaciones necesarias para su buen manejo, indicadas en el reglamento.

En el artículo 151 de la Ley, se prevé que: «La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera...» y el reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, en su artículo 3º define el término generador como: «Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.»

Sin embargo, no se precisa quién es esa «persona física o moral», por lo que pueden ser responsables el vendedor, el distribuidor, el ensamblador o el usuario final; esto propició ambigüedades y, por lo tanto, se presentó el problema de que, por ejemplo, los distribuidores podrían argumentar que ellos, al vender una pila están vendiendo una mercancía que se convierte en residuo después de ser usada por el consumidor, y por tanto, el consumidor es el generador.

La NOM-052-SEMARNAT-1993 ha estado vigente durante los últimos diez años, y en ella se establecen las características, identificación, clasificación y listado de residuos peligrosos que incluye, entre otros, los siguientes residuos:

- . Lodos del tratamiento de aguas residuales en la producción de baterías de Ni-Cd
- . Productos de desechos de las baterías Ni-Cd
- . Productos de desechos de las baterías Zn-C
- . Productos de desechos de las baterías alcalinas
- . Baterías de desechos y residuos de los hornos de la producción de las baterías de Hg
- . Baterías de desecho de la producción de batería de Pb-Ácido

Por lo tanto, en la práctica, esta norma oficial mexicana ha sido de difícil interpretación cuando se refiere a pilas como residuos domésticos, y esta falta de precisión ha ocasionado que ningún ciudadano común pueda transportar pilas usadas en su automóvil o almacenarlas en cualquier sitio.

Por lo anterior, es necesaria la modificación al marco legal (que, por cierto, se encuentra en proceso) para que éste propicie un buen manejo. Afortunadamente ha sido publicada la nueva ley sobre residuos que presenta una mejor perspectiva para un manejo adecuado de pilas y baterías.

#### **LA NUEVA LEY SOBRE RESIDUOS**

La Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la LVIII Legislatura de la Cámara de Diputados del Congreso de la Unión sometió a consideración del Pleno de la Cámara el proyecto de decreto por el que se expidió la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, aprobada por el Congreso de la Unión el 28 de abril de 2003, y publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 8 de octubre del mismo año.

La mencionada ley intenta cubrir los vacíos legales de la actual legislación y adecuar el manejo de los residuos en relación con el crecimiento demográfico; considera la apertura comercial y la introducción de nuevos tipos de productos de consumo, que contribuyen a aumentar el volumen de residuos municipales.

Este nuevo marco legal posibilitará un manejo adecuado de las pilas y baterías ya que también considera la participación social; además, existe un avance respecto de la legislación anterior ya que en su artículo 44 divide a los generadores en grandes, pequeños y micro generadores, así como sus respectivas responsabilidades. Sin embargo; aún es necesario que se emitan su reglamento, normas y definir aspectos organizacionales.

#### **ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS**

Existe un universo de residuos con valor comercial, como el cartón, el vidrio y algunos metales, principalmente. Sin embargo, para el caso de las pilas, lámparas de mercurio, envases vacíos de plaguicidas, disolventes, su valor es negativo, es decir, habría que pagar para que fueran dispuestos de manera segura o reciclados, y para el caso de las baterías alcalinas y C-Zn, los costos de reciclado pueden ser mayores que los de los materiales obtenidos.

Como se puede observar, el dedicarse a reciclar este tipo de residuos requiere de una inversión a largo plazo. Por ejemplo, para reciclar baterías de Ni-Cd de manera ambientalmente segura se necesitaría invertir en un horno de arco cuyo costo rebasa los 15 millones de dólares, cifra que por su magnitud requiere un mercado y una normatividad adecuados a fin de hacerla económicamente viable.

#### **RECOMENDACIÓN DE ACCIONES**

Es probable que en esta década se llegue a los niveles máximos de aporte de los contaminantes contenidos

en las pilas y baterías, por lo que al mismo tiempo debe iniciarse la disminución del ingreso al ambiente de estos contaminantes a través de acciones que involucren a todos los sectores de la sociedad, propiciando la reducción del consumo y manejo a niveles racionales.

En tal sentido se hacen las siguientes recomendaciones:

- Dado que es de suma importancia definir formas seguras de disposición final de pilas y baterías desechables, se sugiere integrar un grupo interdisciplinario e intersectorial con capacidad de decisión para evaluar el impacto e implicación técnica, económica, financiera, de salud y ambiental que defina las características de los sitios de disposición segura para pilas alcalinas y de C-Zn, ya sea en basureros municipales o lugares especiales así como otras tecnologías de tratamiento, para diseñar un plan de manejo, conforme a la nueva Ley de residuos.
- Evaluar la posibilidad de constituir un fideicomiso ante la ausencia de inversión privada.
- Comunicarle a la sociedad los niveles de riesgo para cada tipo de pilas y baterías, diseñando carteles, folletos, páginas web, que también indiquen las mejores opciones técnicas y de durabilidad. Un ejemplo a considerar es la necesidad de informar a la sociedad que las baterías de Ni-Cd utilizadas en los teléfonos inalámbricos domésticos o de plomo, para respaldar energía en computadoras, presentan un riesgo relativamente mayor que las usadas en telefonía celular, debido a que éstas tienen una mejor carcasa protectora.
- Darle a conocer a la sociedad que debe evitar el consumir pilas en exceso, ya que según el estudio de la *Revista del Consumidor*, casi el 42% de consumo es para fines de esparcimiento (walkman 24.7%, juguetes 11.6% y controles remotos 5.6%).
- Recomendar no consumir baterías alcalinas o C-Zn con poca durabilidad, ya que son las que mayor volumen de residuos generan.
- A pesar de saber que los componentes de las pilas recargables son más tóxicos que los de las pilas desechables, si se manejan en un futuro programas para la sustitución de pilas recargables por desechables (en los casos en que la tecnología lo permita), una recolección y reciclado eficientes pueden reducir parcialmente el volumen generado por las pilas desechables.
- Difundir el uso de tecnologías alternativas limpias como aparatos con energía solar o de cuerda.
- Llevar a la práctica un programa prioritario de recolección y reciclado para las baterías que contienen Ni-Cd usadas en respaldo de energía para computadora, cámaras de video, herramientas y otros enseres domésticos portátiles.
- Analizar sistemáticamente los contenidos de mercurio en las diferentes marcas de baterías alcalinas y C-Zn que se importen o fabriquen en México, a través del establecimiento de una entidad encargada especialmente para tal efecto.
- Establecer mecanismos aduanales de control que impidan el ingreso de baterías de mala calidad y niveles no aceptables de mercurio. De ser posible vigilar e impedir el ingreso de baterías de óxido de mercurio que aún se venden en el mercado asiático.
- Analizar y evaluar experiencias exitosas en otros países respecto de programas de recolección, disposición y/o reciclado de pilas y baterías.
- Llevar a cabo un estudio económico-social relativo a la economía subterránea, ya que representa la principal fuente de ventas de pilas y baterías, con el fin de visualizar los posibles riesgos que puede representar la población ubicada en este segmento del mercado informal.
- Dado que los principales contaminantes generados (manganeso, cadmio, níquel, mercurio y li-

tio), existen en el medio ambiente ya sea de forma natural o por actividades industriales y agrícolas, es importante fomentar la investigación en química ambiental, para evaluar los niveles de aporte al ambiente de los contaminantes antes generados por el uso de pilas y baterías.

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se puso énfasis en los costos económicos y se han omitido los beneficios ambientales que implicaría una buena disposición y reciclado de pilas y baterías; sin embargo, estas ventajas implican también un costo económico.

Durante los últimos 20 años el consumo de pilas se ha triplicado. Todo parece indicar que si hablamos desde la perspectiva del concepto de desarrollo sustentable, lo más recomendable sería disminuir el consumo de pilas y baterías a través de un mayor uso de baterías recargables con su respectivo manejo adecuado, así como la sustitución de tecnologías como la energía solar, energía mecánica (cuerda) disponer de forma segura de los actuales volúmenes generados de baterías primarias o desechables.

Se calcula que el consumo promedio de pilas por habitante es de 10 pilas al año, que equivalen a un peso aproximado de 400 gramos, sin considerar las que vienen incluidas en los aparatos nuevos. Estas cifras pueden duplicarse en tres años, debido a una gran oferta de mercancías ilegales de bajo precio y mala calidad.

Actualmente, las pilas consumidas en México son de importación legal (52%) e ilegal (48%) según el cálculo mencionado de 1997, y es probable que para finales del 2004 la proporción ilegal sea todavía mayor.

A pesar de la publicación de la LGEEPA en 1988, y del Reglamento en materia de residuos peligrosos, que regulan el manejo de pilas y baterías, no se han puesto en marcha programas de recolección y reciclado, por lo que es necesario que en el marco de la

nueva ley se inicien planes de manejo, de lo contrario los niveles de contaminantes como manganeso, plomo, mercurio, cadmio, níquel y litio pueden llegar a presentar niveles más elevados de lo antes observado en aire, agua y suelo.

Aunque el mercurio representó un aporte importante en el ambiente por el uso de pilas y baterías, desde las década de 1950 hasta principios de 1990, se observa una tendencia a la baja; sin embargo, es importante estar conscientes de que en algunos casos se sigue agregando este contaminante a las pilas o bien fabricando las de óxido de mercurio, para lo que hay que implementar mecanismos de vigilancia.

Es probable que unos 20 millones de baterías de Ni-Cd utilizadas en tecnología celular se han dispuesto de forma indebida, debido a la falta de programas de recolección y reciclado, y al incremento a más del 2,000% de 1995 a 2000, de usuarios de la telefonía celular.

La tendencia elevada del consumo de pilas se contraponen al desarrollo sustentable, ya que a estos ritmos, le heredaremos a las futuras generaciones grandes volúmenes de contaminantes.

Es necesario establecer un contacto más estrecho con las autoridades aduaneras de comercio y ambientales con el fin de diseñar y aplicar estrategias para disminuir el comercio ilegal de pilas.

Finalmente, cabe mencionar que la intención de este trabajo es aportar la información necesaria respecto a la problemática que implican los desechos de pilas y baterías, con el fin de construir consensos entre distintos sectores de la sociedad para iniciar acciones que deben de ir desde la reducción de los niveles actuales de consumo hasta la ejecución de programas de manejo y reciclado permanentes.

## BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Cooperación Internacional del Japón 1999.  
Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la

- Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos, informe final. Volumen I. Disponible en: [www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf).
- Alexander Technologies, Inc. 2003. Communication Batteries Catalog.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) 1998. *La situación demográfica en México*. CONAPO, México.
- 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, Canadá.
- Instituto Nacional del Consumidor 1995. Conozca quién es quién en pilas eléctricas. *Revista del consumidor*. 226: 24-34.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 1988. *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2003. *Diario Oficial de la Federación*, 8 de octubre.
- Cortinas de Nava, C. 2002. *Manuales para regular los residuos con sentido común*. Manual 2. Cámara de Diputados, México.
- NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, *Diario Oficial de la Federación*, 22 de octubre.
- Organization for Economic Cooperation and Development 1994. *Risk Reduction Monograph No. 5: Cadmium, Background and national experience with reducing risk*. OCDE, París.
- Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos. *Diario Oficial de la Federación*, el día 25 de noviembre de 1988.
- SEMARNAP-Instituto Nacional de Ecología 2000. Los acumuladores usados pueden dar ¡mucho batería!...y no convertirse en residuos peligrosos. Folleto. INE, México.
- The 1998 Aarhus Protocol on Heavy Metals. Disponible en: [www.unece.org/env/lrtap/hm\\_h1.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.htm).
- WHO 1981. *Environmental Health Criteria 17, Manganese*. WHO, Ginebra.
- Páginas de internet consultadas:
- INEGI. Banco de Información Económica: [dgcnesy.inegi.gob.mx](http://dgcnesy.inegi.gob.mx).
- Bancomext: [www.bancomext.com/Bancomext/index.jsp](http://www.bancomext.com/Bancomext/index.jsp).
- Campaña Nacional de Pilas. Red Nacional de Ecoclub: [www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm](http://www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm).
- CECOVI. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe: [www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html).
- Fundación Vida Sostenible: [www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos](http://www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos).
- Bases de datos consultadas sobre sustancias tóxicas
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry: [www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_toxfaqs.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs.html).
- [toxnet.nlm.nih.gov](http://toxnet.nlm.nih.gov).

---

**José Castro Díaz.** Subdirector de Estudios sobre sustancias químicas. INE. Correo-e: [jdcastro@ine.gob.mx](mailto:jdcastro@ine.gob.mx).  
**María Luz Díaz Arias.** Técnica de la Dirección de Investigación sobre sustancias químicas y riesgos ecotoxicológicos. Correo-e: [mldiaz@ine.gob.mx](mailto:mldiaz@ine.gob.mx).