



Horizonte Sanitario

ISSN: 1665-3262

horizontesanitario@ujat.mx

Universidad Juárez Autónoma de  
Tabasco  
México

Jiménez Díaz, Adriana Patricia; López-Hernández, Eduardo S.; Rodríguez Luna, Ana  
Rosa; López Ricalde, Carlos David

Gestión sustentable de pilas e intervenciones educativas para mitigar sus efectos en la  
salud humana y el ambiente.

Horizonte Sanitario, vol. 10, núm. 2, mayo-agosto, 2011, pp. 29-57

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Villahermosa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845138003>

- 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

## **Gestión sustentable de pilas e intervenciones educativas para mitigar sus efectos en la salud humana y el ambiente.**

*Adriana Patricia Jiménez Díaz\**  
*Eduardo S. López-Hernández\**  
*Ana Rosa Rodríguez Luna\**  
*Carlos David López Ricalde\**

### **ENSAYO**

Fecha de recibido:  
14 de marzo de 2011  
Fecha de aceptación:  
01 de abril de 2011

### **DIRECCIÓN PARA RECIBIR CORRESPONDENCIA**

División Académica de Ciencias Biológicas,  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 0.5  
carr. Villahermosa-Cárdenas S/N. Col. Bosques de  
Saloya. Villahermosa 86039, Tabasco. México.  
[aicirtapjd@hotmail.com](mailto:aicirtapjd@hotmail.com)

\*Licenciado en Ingeniería Ambiental

\*Cuerpo Académico de Educación Ambiental Cultura  
y Sustentabilidad.

### **RESUMEN**

El trabajo se realizó dentro del Programa Ambiental para el Desarrollo Sustentable de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (López-Hernández y Priego, 2007), para planear alternativas sobre residuos sólidos altamente contaminantes como las pilas (dispositivo pequeño en el que la energía química se transforma en eléctrica. Tiene múltiples aplicaciones como fuente de energía en pequeños aparatos. (RAE, 2011). El manejo incorrecto de estos residuos es un problema socio-ambiental con efectos mundiales. Se requieren nuevos enfoques en el manejo para la disposición final al término de su vida útil. Por lo anterior, se plantea contribuir a resolver la problemática relacionada con su alto consumo, extendida por la facilidad de utilizarlas en diversos artefactos. Una vez convertidas en basura generan residuos tóxicos como Zn, Li, Ni, Cd, Ag y Hg. (Castro Díaz, 2003). Así, se persiguió elaborar una propuesta educativa para el manejo, gestión y disposición de pilas. Establecer recomendaciones para reducir, y prevenir sustentablemente los efectos que provocan en la salud y el ambiente. A partir de la recopilación bibliográfica sobre tratamientos para estos peligrosos, se hizo una clasificación de tipos, clases y uso de pilas. Se definieron los componentes tóxicos según el Diario Oficial de la Federación (2006). Se investigaron los efectos nocivos al ambiente y la salud. Se diseñaron actividades de educación ambiental basadas con objetivos, técnicas de manejo (generación, separación, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final). Se plantearon alternativas para una disposición final sustentable como los rellenos sanitarios para residuos de manejo especial y/o peligroso, como las pilas agotadas.

Un consumo sustentable implicaría reducir su uso y adquirir pilas recargables para disminuir estos residuos.

Palabras clave: Gestión, Sustentable, Pilas, Salud, Ambiente

## SUMMARY

The work was conducted within the Environmental Programme for Sustainable Development of the Universidad Juarez Autonoma de Tabasco (Lopez-Hernandez and Priego, 2007), to planed alternatives for highly polluting solid waste such as batteries (small device in which chemical energy is transformed into electricity. It has many applications as an energy source in small devices. (RAE, 2011). Improper handling of these wastes is a socio-environmental problem worldwide effects. New approaches are required in handling for disposal at the end of life. Therefore, there is help solve the problems related to their high consumption, issued by the ease of use in various devices. Once converted to generate toxic waste such as Zn, Li, Ni, Cd, Ag and Hg (Castro Diaz, 2003). Thus, we pursued to develop a proposal for management education, management and disposal of batteries. Establish recommendations to reduce and prevent sustainably their effect on health and the environment. From the collection literature on these dangerous treatments, there was a classification of types, classes and use of batteries. Toxic components were defined according to the Diario Oficial de la Federacion (2006). We investigated the effects harmful to the environment and health. Were designed based environmental education activities with objectives, management techniques (generation, separation, transportation, storage, treatment and disposal). Alternatives were proposed for a sustainable disposal as landfill waste requiring

special handling and / or dangerous, such as dead batteries. Sustainable consumption would reduce their use and purchase rechargeable batteries to reduce waste.

Key words: Management, Sustainable, Batteries, Health, Environment.

## INTRODUCCIÓN

Las pilas como residuos peligrosos porque tienen capacidades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamable que les confiere peligrosidad. El manejo inadecuado de los residuos es actualmente uno de los problemas de tipo ambiental y de carácter social que afecta a la población mundial. La ciencia ha progresado con la creación de nuevos materiales, y ha tomado nuevos enfoques para su tratamiento y disposición final al terminar su vida útil.

Las pilas producen electricidad a partir de reacciones químicas de acuerdo al tipo de sustancias que contienen como grafito, dióxido de manganeso o metales como zinc, litio, níquel, cadmio, plata y mercurio. Jacott M. 2001

En los últimos 20 años el consumo de pilas se ha triplicado, desde la perspectiva del 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.

Dentro del Programa Ambiental para el Desarrollo Sustentable de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se plantearon alternativas para uno de los residuos altamente contaminantes, las pilas, un problema real en cuanto a desechos peligrosos, un elemento que si bien es necesario para generar energía, también se relaciona con su alto consumo.

Las pilas son una cómoda fuente portátil de energía que nos permiten utilizar cámaras fotográficas, calculadoras, relojes, teléfonos celulares, sin embargo, una vez en la basura forman un residuo

Vol. 10 No.2  
Mayo-Agosto 2011  
HORIZONTE SANITARIO

tóxico ya que al estar en la basura pierden su cubierta protectora y depositan metales que inevitablemente se filtran al suelo, contaminando los acuíferos y los ríos. Una pila de mercurio (de botón) puede contaminar 600 mil litros de agua, equivalente al consumo de 30 personas durante toda su vida. Una batería alcalina contamina 175 mil litros, y una pila común 3000 litros de agua. (Tecnología y Educación, 2000)

El anexo 2, tabla 1, proporciona la clasificación de residuos peligrosos por giro industrial y proceso en el punto 14 de la NOM-052-SEMARNAT-1993 e indica que los productos de desechos de pilas y baterías son un residuo peligroso, por lo que “deberán ser manejados de acuerdo con lo previsto en el Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás procedimientos aplicables”. (Gaceta Ecológica 72, 2004).

La Ley General para la Prevención Gestión Integral De Los Residuos (LGPGIR) en el art. 5 Fracción XXXII y en el art. 31 fracción V en el que se menciona que son residuos peligrosos las baterías eléctricas a base de mercurio o de Níquel-Cadmio (Hg, Ni-Cd) y otras que utilicen la base de estas sustancias tóxicas, además de sus contenedores.(LGPGIR)

Así, la responsabilidad del manejo y disposición final de dichos residuos peligrosos corresponde a quién los genera, es decir, los fabricante y no a los consumidores.

## ANTECEDENTES

En España, desde hace años existen campañas en los centros escolares para que los alumnos entreguen las pilas usadas para su acopio. En Madrid y otras capitales de Gran Bretaña e Irlanda

del Norte se cuenta con recipientes apropiados para depositar estos residuos en las calles. Los gobiernos están asociados con empresas que se dedican a reciclar baterías. (Granovsky, 2005)

Un ejemplo de lo anterior es Pilagest que ganó la licitación para la recolección de pilas en la comunidad autonómica de Cataluña. Dicha empresa recibió apoyo público para la edificación de una planta de reciclaje en la cual los empresarios apostaron capital y tecnología.

El Distrito Federal puso en marcha el Programa de Manejo Responsable de Pilas Usadas con la participación de empresas como un esfuerzo conjunto para educar a los ciudadanos en temas ambientales y fomentar su participación en la solución del problema. (GDF, 2007).

Una iniciativa partió de organizaciones civiles y de la sociedad en general, así en las delegaciones políticas, se colocaron contenedores en vías primarias y secundarias, donde no sólo se pueden depositar pilas usadas, sino que cuentan con información del daño ocasionado por los agentes químicos que contienen y los daños que ocasionan. (GDF, 2007).

En Argentina, ECOVOLTA una asociación educativa y ambientalista, presenta la iniciativa que propone la posible solución al problema de las pilas para evitar la contaminación de las aguas. a partir de que se acopien las pilas en recipientes adecuado y luego en lugares de recolección apropiados. Se encargan de recolectarlas y utilizar sus materiales, los recursos recaudados son donados a alguna escuela. (Planetica, 2008).

La organización ambientalista Greenpeace proyecta para septiembre de 2008 una campaña de difusión

sobre el tratamiento de las pilas, pero se centrará en que son dañinas para la salud y que no deben tratarse como desperdicio. Química Wymer y la nueva planta de reciclaje esperan las toneladas de pilas que dejan de usarse. (Greenpeace 2007).

En Latinoamérica países como Argentina cuentan con plantas a escala comercial para el tratamiento-reciclaje de pilas y baterías, incluyendo las de plomo-ácido. Brasil no cuenta con instalaciones para el tratamiento y no se reportan tecnologías ni proyectos de investigación en este ámbito. Colombia carece de infraestructura para el tratamiento de pilas de teléfonos celulares.

En Ecuador solamente existe recuperación artesanal de subproductos a partir de baterías plomo-ácido, pero no se reportan instalaciones formales para ello. México carece de infraestructura para el tratamiento de P y B, sin embargo hay instalaciones de tecnología avanzada para baterías plomo-ácido con un par de instituciones con proyectos de investigación para su manejo adecuado (CENICA-MEXICO, 2008).

Una forma correcta de encarar la gestión de las pilas usadas idealmente, es que estas deberían volver al fabricante para que éste se encargue de reciclar y reutilizar lo que le sea útil mediante la implementación de tecnologías adecuadas a tal fin.

En términos prácticos, la gestión de las pilas usadas comienza por la recolección en forma separada y continúa por su envío a disposición final en rellenos de seguridad o a plantas donde se realice su reciclado. (Rivera, 2003).

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.

El motivo de este proyecto trata de dar a conocer los diferentes tipos de tratamientos que se han implementado, para estos residuos (pilas), así como dar a conocer el manejo y los lugares más adecuados y seguros para su disposición final.

Esta propuesta tratara de estructurar un conjunto de medidas concordantes entre si, que contribuya a la posible mitigación del problema a través del diseño de intervenciones de educación, que contribuyan a una formación de conciencia y una cultura para la instrucción sistemática en todos los niveles (preescolar, primario, secundario, medio superior y universitario) a través de un conjunto de acciones no formales sobre una solución en estas temáticas relacionadas con el conocimiento, manejo; gestión de las pilas entre otros.(Jiménez 2008)

Es importante señalar que tenemos varias razones dada la toxicidad de los materiales con que están hechas las pilas y su inadecuado manejo, así como la desinformación de la ciudadanía con respecto a que las pilas gastadas que se desechan son nocivas para el ambiente y la salud, por la ausencia y permanencia del manejo de programas de recolección, los cuales deben contar con el apoyo de la sociedad en general.

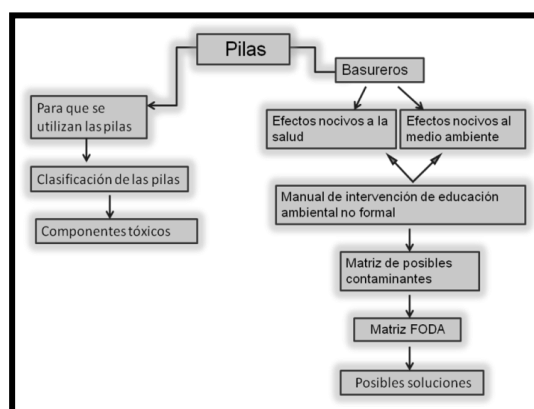
Enseñar diversos tópicos entre los que se aprendan los tratamientos y conozcan los sitios y necesidades para la disposición final, y evitar los daños que causan a la salud, al ambiente, lo cual daría opciones para proponer un consumo racional que contribuya a la reducción de pilas entre distintos

sectores de la sociedad con programas de manejo y reciclado permanentes.

Con base en lo anterior es propicio analizar y clasificar las pilas por tipo o clase para determinar sus componentes tóxicos. Construir un programa de educación ambiental para el manejo, gestión y disposición final de pilas. Evaluar los problemas y efectos de los componentes contaminantes y sus efectos para plantear las posibles soluciones de manejo y consumo.

Estructurar intervenciones educativas para la sustentabilidad, es decir, consumo deseable, manejo adecuado, y tratamiento y disposición final.

Figura 1. Esquema metodológico para la resolución de problemas de relacionados con las pilas



(Fuente: propuesta modificada de López-Hernández, 2007)

Partiendo de una revisión sobre el tema de estudio se recopiló información sobre la disposición final, tratamiento e inmovilización de estos residuos peligrosos. Con la información obtenida se elaboró un diagrama conceptual metodológico para delinear los aspectos de este trabajo.

Se procedió a la clasificación de tipos, clases y uso que se le dan a las pilas, sus componentes tóxicos

Se elaboro una tabla de los componentes tóxicos que contienen las pilas.

Las tablas I, II y III se muestran los referentes del Instituto Nacional de Ecología y Greenpeace. La tabla IV muestra los costos de 2 baterías "AA" en el cual comprobamos que es mejor utilizar las baterías recargables que las no recargables. Fuente INE.

Se investigo sobre los efectos nocivos que causa las pilas al medio ambiente al termino de su vida útil, así como los efectos que causa a la salud, en el cual, describimos los efectos dañinos a los seres vivos, ocasionados por cada uno de los elementos tóxicos que contienen las pilas.

Realizamos un diagrama metodológico en el cual proponemos un manual de educación ambiental no formal, en el cual damos a conocer las técnicas y tecnologías utilizadas en otros países para el manejo adecuado de pilas, donde abarcamos desde objetivos, metas, técnicas de manejo de pilas (generación y separación, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final).

Se realizo una investigación sobre alternativas para una disposición final sustentable para las pilas, entre las cuales podemos mencionar los rellenos sanitarios para residuos de manejo especial y peligrosos, agentes secuestrantes el cual su objetivo es obtener un mecanismo que asegure que no se producirá contaminación por lixiviación y la vitrificación que es uno de los procedimientos para la inmovilización de las pilas, su objetivo es formar bloques vitro-cerámicos lo cual es obtener bloques vitro-cerámicos fabricado con vidrio y pilas agotadas.

## RESULTADOS

Se elaboro una matriz de problematización de los posibles contaminantes de las pilas y los efectos a la salud y medio ambiente, abarcando un área de intervención, el problema que origina el consumo

excesivo de pilas, las causas y las posibles soluciones para disminuir el consumo de pilas.

De igual manera se realizo un análisis FODA el cual nos sirvió para ayudar a establecer las oportunidades y fortalezas, así como contrarrestar las amenazas y debilidades para desarrollar los objetivos en este manual.

Por último presentamos Medidas concretas de cómo podemos contribuir a mitigar el impacto de las pilas, así como una lista de las posibles soluciones para disminuir este problema ambiental y de salud.

## **Análisis y clasificación de las pilas por tipo y clase para determinar sus componentes tóxicos.**

En nuestro país no existe ningún programa para la gestión y manejo adecuado de pilas y baterías. En México se estima que en los últimos siete años, se ha generado un promedio anual de 36 mil toneladas de pilas y baterías; es decir, aproximadamente el 0.12 por ciento del total de los residuos municipales generados en nuestro país, lo cual equivale a 10 pilas/habitante/año o aproximadamente 400 gramos/habitante/año de los que el 30 por ciento corresponden a materiales tóxicos. (PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006).

Las pilas son considerados residuos peligrosos al termino de su vida útil ya que estas son desechadas junto con la basura domestica, estas al integrarse al medio ocasionan graves daños a la salud y al medio ambiente, debido a los materiales químicos que contienen, y que al encontrarse en los basureros con el tiempo pierden las carcasas y sufren de corrosión debido a la acción climática y procesos de fermentación de la basura, con lo que sus compuestos tóxicos se filtran (lixivian) contaminando suelos y cuerpos de agua. Además, la mayor parte

de las veces, las pilas y baterías terminan siendo quemadas en estos basureros, lo que aumenta la contaminación por la generación de sustancias muy peligrosas y cancerígenas, como son las dioxinas y furanos. (PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006).

Debido a los problemas ocasionados a la salud y al ambiente que provocan estos residuos se considerarán residuos peligrosos las pilas y baterías que cumplan con alguno de los siguientes criterios:

a. Estén contempladas en el artículo 31 de la LGPGIR

b. Estén contempladas en los listados de la NOM-052-SEMARNAT-2005 o

c. Resulten peligrosas al aplicar los criterios de caracterización Corrosivos, Reactivos, Inflamable y Tóxicos (CRIT), de la NOM-052-SEMARNAT-2005. (PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006).

Además de que Serán consideradas peligrosas las pilas y baterías de los tipos Carbón-Zinc y Alcalinas a las que se les haya agregado durante su fabricación mercurio, cadmio o plomo. Se considera que se han añadido dichos metales en su fabricación cuando se rebasen los siguientes límites máximos:

I. 100 mg/kg de mercurio

II. 150 mg/kg de cadmio

III. 200 mg/kg de plomo

Los fabricantes, importadores, distribuidores y comercializadores responsables del manejo de pilas y baterías, de acuerdo a lo establecido en la LGPGIR, deberán obtener la aprobación de la SEMARNAT, mediante la presentación del plan de manejo correspondiente, de acuerdo con las disposiciones jurídicas aplicables. (PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006).

El control de pilas y baterías peligrosas provenientes de micro generadores y en específico aquellas que proceden de hogares, unidades habitacionales, oficinas, instituciones, dependencias y entidades públicas y privadas corresponde a los gobiernos de las entidades federativas y municipales y del Distrito Federal, conforme a lo establecido en la LGPGIR. (PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006)

En términos de la LGPGIR, los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos están obligados a registrarse ante la SEMARNAT y someter a su consideración un plan de manejo de residuos peligrosos.

Esto establecido en PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006, que establece las *Especificaciones para la clasificación e identificación de pilas y baterías para el manejo ambientalmente adecuado de éstas*, cuando sean desechadas y el en Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Para que usamos pilas: Las pilas y baterías representan un elemento que por generar energía se liga publicitariamente a la vida. Las usamos debido a que son una cómoda fuente portátil de energía y nos permiten utilizar cámaras fotográficas, calculadoras, audífonos, relojes, celulares, etc.

Clasificación de las pilas: Las pilas desechadas son uno de los objetos más contaminantes, por la lenta degradación y toxicidad de sus componentes.

Se conocen como pilas primarias aquellas que son desechables ya que sus componentes químicos al convertirse en energía eléctrica ya no pueden

recuperarse y secundarias a las recargables ya que pueden recargarse invirtiendo su reacción química.

En la tabla I se presenta las pilas primarias en la cual se muestra tipo de pila, el uso y su toxicidad.

TABLA I. PILAS PRIMARIAS USO Y SU TOXICIDAD

TIPO DE PILA	USOS	TOXICIDAD
Secas o de carbón-Zn	linternas, radio, juguetes, caseteras, muchas de manufactura asiática	Muy baja
Alcalinas	Juguetes, tocacintas, cámaras fotográficas, grabadoras. Duran el triple o más que las secas	Tóxicas
Botón Oxido de mercurio (HgO)	Aparatos de sordera, calculadoras, relojes e instrumentos de precisión	Muy alta
Litio	Equipos de comunicación, radios portátiles, transmisores, instrumentos médicos, computadoras, calculadoras, celulares, cámaras, agendas.	Muy alta
Verdes	Estará destinada a teléfonos móviles, ordenadores y Videoconsolas, entre otros aparatos.	Desconocida

Fuente: Instituto Nacional

En la tabla II se presenta las pilas secundarias en la cual se muestra tipos de pila, el uso y su toxicidad.

TABLA II. PILAS Y COMPONENTES TOXICOS

TIPO DE PILA	COMPONENTES TÓXICOS DE PILAS PRIMARIAS	% COMPONENTES TÓXICOS
Secas o de Carbón-zinc	Contienen muy poco mercurio	(0,01%)
Alcalinas	Tienen un contenido en Hg.	0.5%
Botón Oxido de Mercurio (HgO)	Algunas contienen mercurio y litio	Hasta un 30%
Litio	Litio	de 10 a 30%
Verdes	Carecen de cadmio y mercurio, aunque se desconocen parte de sus componentes. Tienen alcohol	
TIPO DE PILA	COMPONENTES TÓXICOS DE PILAS SECUNDARIAS	% COMPONENTES TÓXICOS
Recargables	Contienen cadmio, plomo y níquel. No contienen mercurio.	
	Níquel-Cadmio (Ni-Cd). Cadmio	18%
	Ní-Metal Hidruro (Ni-MH) Ní.	25%
Recargables	Ion-Litio (Ion-Li)	
	Plomo	

TABLA III. COMPONENTES TÓXICOS DE PILAS

TIPO DE PILA	USOS	TOXICIDAD
Recargables	Una pila recargable puede sustituir 300 desechables.	Tóxicas
	Juguetes, lámparas, artículos electrónicos, equipos electrónicos portátiles, teléfonos inalámbricos. Pueden durar 500 veces más que una pila de carbón-zinc.	
	Productos electrónicos portátiles.	
Recargables	Telefonía celular, computadoras, cámaras fotográficas y de video.	Toxicas
	Uso automotriz, industrial y doméstico.	

Fuente: Instituto Nacional de Ecología

TIPO DE PILA	USOS	TOXICIDAD
Recargables	Una pila recargable puede sustituir 300 desechables.	Tóxicas
	Juguetes, lámparas, artículos electrónicos, equipos electrónicos portátiles, teléfonos inalámbricos. Pueden durar 500 veces más que una pila de carbón-zinc.	
	Productos electrónicos portátiles.	
Recargables	Telefonía celular, computadoras, cámaras fotográficas y de video.	Toxicas
	Uso automotriz, industrial y doméstico.	

Fuente: Instituto Nacional de Ecología

### Consecuencias del uso de pilas

Las consecuencias del uso de pilas provocan un grave daño al ambiente y a la salud si estas no tienen un tratamiento previo a su disposición final y que esta sea segura. Ya que como se menciona anteriormente contienen elementos que al paso del tiempo afectan a la salud generando enfermedades tales como cáncer, daño al cerebro, los riñones y en caso de las mujeres embarazadas puede ocasionar graves daños al feto, como por ejemplo provocando retraso mental, en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones, además puede ocasionar daños al sistema nervioso, puede ocasionar edema pulmonar, bronquitis crónica esto

al ingerir alimentos o tomar agua que contengan este tipo de sustancias químicas.

Las pilas son un uso muy cómodo para la sociedad en general ya que estas son utilizadas con mayor frecuencia, debido a la innovación tecnológica que avanza a pasos gigantescos y que nos brinda una mayor facilidad en el uso de aparatos de fuentes portátiles de energía, pero como consecuencia de ello tenemos como resultado toneladas de este residuo que es considerado peligroso debido a las sustancias tóxicas que contienen los diferentes tipos de pilas que existen hoy en día en el mercado. Además de que genera un elevado costo el consumo de pilas a largo plazo.

En la tabla IV Se presentan los costos de 2 baterías AA usadas 5 horas por semana durante un año.

TABLA IV. COSTO DE 2 BATERÍAS AA

	Costo baterías	Tiempo de vida	Costo anual	Baterías en la basura
Alcalina	\$10.00	14 horas	\$ 380.00	38 baterías
Uso pesado (carbón-zinc)	\$6.50	4.5 horas	\$754.00	116 baterías
Recargables	38.00	Más de 900 horas	68.00*	Menos de 1 batería
(Cargador)	(\$150.00)			

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Greenpeace

### Efectos nocivos al ambiente

En cuanto a los efectos nocivos que ocasiona al medio ambiente estos son exorbitantes, ya que las pilas cuando están en la basura pierden su cubierta y liberan los metales que contienen, mismo que inevitablemente se filtran al suelo, pasando a las napas de agua y llegando hasta los ríos. Por ejemplo, una pila “botón” de mercurio puede contaminar 600 mil litros de agua, equivalente al consumo de 30 personas durante toda su vida de este vital líquido. Otros ejemplos nos muestran que una batería alcalina contamina 175 mil litros, una de botón de óxido de plata 14 mil litros y una pila común 3000 litros de agua.

Las pilas desechadas son una pequeña muestra de la enorme cantidad de basura tóxica que cotidianamente van a parar a basureros a cielo abierto y rellenos sanitarios, con imprevisibles consecuencias para la salud y el Medio Ambiente. Hasta ahora, la medida más adecuada parece ser la recolección de las mismas y su disposición en rellenos de seguridad especialmente acondicionados para residuos de este tipo.

### Efectos nocivos a la salud

Las pilas al ocasionar un daño al ambiente afecta de manera directa al ser humano debido a que estando las pilas en el suelo libera los metales que contienen, mismos que inevitablemente se filtran al suelo,

pasando a las capas de agua y llegando hasta los ríos. De esta manera llega al ser humano ocasionando severos daños a la salud humana estas sustancias llegan al ser humano ya sea en el consumo alimenticio, vías respiratorias o por medio de la higiene personal. Por ejemplo: El mercurio es un posible cancerígeno y es bio-acumulable.

Al tener una alta exposición puede dañar el cerebro, los riñones y al feto, provocando retraso mental, en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. El mercurio que se emite en los basureros contamina el agua y la tierra, con lo que puede llegar a la comida pues se acumula en los tejidos de peces.

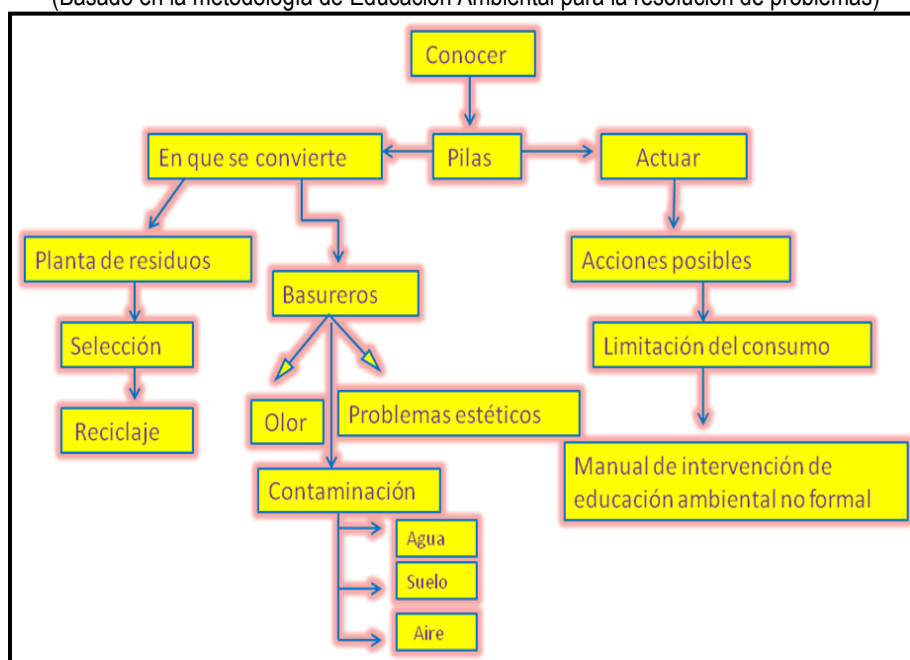
El plomo puede dañar el sistema nervioso, los riñones y el sistema reproductivo y no se degrada. Cuando se libera al aire puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar. Se adhiere a partículas en el suelo y puede pasar a aguas subterráneas.

El litio es un neurotóxico y tóxico para el riñón. La intoxicación por litio produce fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. Daña al sistema nervioso, llegando a estado de coma e incluso la muerte. El litio puede lixiviarse fácilmente a los mantos acuíferos.

El cadmio es una sustancia cancerígena que si se respira a altos niveles produce graves lesiones en los pulmones e ingerirlo produce daños a los riñones. En dosis altas puede producir la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con cadmio irrita el estómago e induce vómitos y diarrea. El cadmio entra al aire y al agua de fuentes como vertederos y derrames de desechos domésticos y se puede viajar largas distancias.

El níquel tiene efectos sobre la piel. Respirar altas cantidades produce bronquitis crónica y cáncer del pulmón y de los senos nasales. Se libera a la atmósfera por incineradores de basura. En el aire, se adhiere a partículas de polvo que se depositan en el suelo. El manual de intervenciones de educación ambiental: Alternativas de gestión y consumo adecuado y disposición final sustentable.

FIGURA 2. MAPA CONCEPTUAL DEL MANUAL DE INTERVENCIONES PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE PILAS  
(Basado en la metodología de Educación Ambiental para la resolución de problemas)



(Fuente: Propuesta basada en López-Hernández, 2007)

### Conocer las tecnologías utilizadas en otros países para el manejo de las pilas.

En este primer rubro se incluyen aspectos estadísticos por tipo de pilas y baterías relativos a producción e importación (incluyendo contrabando), consumo, proyección, empresas involucradas, residuos generados, infraestructura de manejo, etc.

Argentina dejó de producir P y B para convertirse en importador desde hace varios años; dispone de

datos de importación por tipo y volumen de pilas y baterías, así como país de origen. Cuenta con el dato aproximado correspondiente a un consumo nacional de 10 millones de piezas, de los cuales se estima que el 50% se transforma en residuo. La cifra relativa al contrabando es desconocida. Se cuenta con un padrón de empresas tratadoras de residuos conteniendo metales pesados, autorizados por la dependencia responsable. (CENICA-MEXICO, 2001).

Colombia centra su información en pilas de telefonía celular para las cuales se cuenta con datos de importación (no se producen en este país); sin embargo no se dispone de datos estadísticos relativos a otro tipo de pilas o baterías, incluyendo las de plomo-ácido. Se estima que aproximadamente un 80% del consumo nacional proviene del contrabando. En cuanto a la infraestructura para el tratamiento adecuado, sólo se cuenta con instalaciones para baterías plomo-ácido, estimándose una generación para este tipo de residuo en un total de 623,016 piezas provenientes de todo tipo de vehículo, incluyendo motocicletas.

En Brasil se conoce la producción e importación de P y B (pilas y baterías) por tipo, estimada en una cifra aproximada de 1,850 millones de piezas para el 2001, aunque se desconoce el porcentaje correspondiente al consumo nacional y a la exportación. El porcentaje del mercado correspondiente al contrabando se estima en cerca del 60%. Brasil no dispone de infraestructura para su tratamiento autorizado, aunque algunos tipos de pilas pueden ser dispuestas en rellenos sanitarios. Resulta importante destacar la participación de la Asociación Brasileña de la Industria Eléctrica y Electrónica (ABINEE) en actividades relacionadas con el manejo de P y B en Brasil.

Ecuador solo importa y no produce pilas y baterías en su territorio, excepción hecha de las de tipo plomo-ácido. De esta forma, excluyendo a estas últimas, se cuenta con el dato correspondiente para el año 2000 equivalente a un volumen de importación superior a 1,957 toneladas de P y B, desglosadas por tipo si bien desafortunadamente se desconoce la cantidad de piezas para efectos de comparación con el resto de los países. Se conoce por el contrario, el consumo anual per cápita que es equivalente a 10.6 piezas. En cuanto a las baterías

plomo-ácido, se estima un volumen de producción anual de 300,000 piezas, volumen comercializado en el año 2000. Se desconoce el volumen de P y B que ingresa al país como contrabando, y en cuanto a la infraestructura para el reciclaje de todo tipo de pilas no se cuenta con datos disponibles; mientras que existe información escasa sobre el reciclaje de baterías plomo-ácido.

En México se conocen los tipos y marcas de pilas de consumo pero no se reportan datos sobre producción e importación, si bien se tiene un consumo anual equivalente a 450 millones de piezas ilegales. Para las baterías plomo-ácido se cuenta con una capacidad instalada para producir 57.5 millones de unidades anuales, para una sola empresa (ENERTEC). Esta misma empresa tiene capacidad para procesar 75,000 toneladas de plomo y 85,000 toneladas de polipropileno; es importante destacar que México es un importador de residuos (peligrosos) de batería plomo-ácido para reciclaje, si bien no cuenta con infraestructura para reciclar pilas de otro tipo. Como país miembro de OCDE, México tiene experiencia en programas de manejo de Ni-cd a nivel teórico, y cuenta con intentos de acuerdos gobierno-industria (Motorola) pero no han sido exitosos.

### **Aspectos tecnológicos**

En México se carece de infraestructura para el tratamiento de P y B (pilas y baterías); cuenta sin embargo con instalaciones de tecnología avanzada para baterías plomo-ácido. En un par de instituciones se llevan a cabo proyectos de investigación para el manejo adecuado de P y B, aunque por otra parte, no se reportan costos de ninguna índole. Se cuenta con rellenos sanitarios para residuos peligrosos en Monterrey Nuevo León de la empresa llamada Residuos Industriales Multiquín S.A. de C.V. (RIMSA). Y la compañía

CINC Nacional la cual podría recibir estos residuos como lo son las pilas y recuperar cada uno de los materiales que las componen.

Brasil no cuenta con instalaciones para el tratamiento de P Y B, si bien algunas de ellas pueden ser dispuestas en rellenos sanitarios. No se reportan tecnologías ni proyectos de investigación en este ámbito, y en consecuencia se carece de datos relativos a costos. (CENICA – MEXICO, 2001)

Colombia carece de infraestructura para el tratamiento de pilas para teléfonos celulares, que es donde ha centrado la información de su reporte. Sí dispone de instalaciones para reciclaje de baterías plomo-ácido, con diversos niveles de tecnología, para los cuales se reporta información relativa a costos. También se han llevado a cabo estudios para definir implicaciones ambientales, contando además con proyectos de investigación para tratamiento de pilas de teléfonos celulares. (CENICA–MEXICO, 2001).

En Argentina es el único de los países estudiados que cuenta con una planta formal a escala comercial autorizada para el tratamiento/reciclaje de pilas y baterías, incluyendo las de plomo-ácido. Existen además algunos proyectos de investigación en universidades del país para el tratamiento de pilas y baterías (P y B) (vitrificación) así como implicaciones ambientales del uso de P y B. No se dispone de datos relativos a costos de los sistemas de tratamiento. (CENICA–MEXICO, 2001).

Por su parte, Brasil no cuenta con instalaciones para el tratamiento de P y B, si bien algunas de ellas pueden ser dispuestas en rellenos sanitarios. No se reportan tecnologías ni proyectos de investigación en este ámbito, y en consecuencia se carece de datos relativos a costos. (CENICA–MEXICO, 2001).

En Ecuador solo importan y no produce pilas y baterías en su territorio, a excepción de las de tipo plomo-ácido. De esta forma, excluyen a estas últimas, cuentan con el dato correspondiente para el año 2000 equivalente a un volumen de importación superior a 1,957 toneladas de pilas y baterías, desglosadas por tipo si bien desafortunadamente se desconoce la cantidad de piezas para efectos de comparación con el resto de los países estudiados. Se conoce por el contrario, el consumo anual per cápita que es equivalente a 10.6 piezas. En cuanto a las baterías plomo-ácido, se estima un volumen de producción anual de 300,000 piezas, volumen comercializado en el año 2000. Se desconoce el volumen de pilas y baterías que ingresan al país como contrabando, y en cuanto a la infraestructura para el reciclaje de todo tipo de pilas no se cuenta con datos disponibles; mientras que existe información escasa sobre el reciclaje de baterías plomo-ácido. (CENICA – MEXICO 2001).

En México se han efectuado estos esfuerzos por parte de diversas organizaciones civiles como los Rotarios, sin embargo se han identificado esfuerzos de manera estratégica por parte de dos empresas en México: Equipamientos Urbanos de México (EUMEX) y Motorola. Ambas han tenido la disposición de firmar un Programa Voluntario con las autoridades ambientales de nuestro país (INE/SEMARNAP) para emprender actividades de recolección, transporte, almacenaje y reciclaje de pilas y baterías usadas. Motorola y Eumex tienen programas diseñados para recolectar y reciclar pilas y baterías de Ni-Cd, y domésticas respectivamente. Motorola de México realiza un programa piloto de recolección de baterías utilizadas en telefonía celular con contenido de Níquel y Cadmio bajo el auspicio de un convenio, con una exportación de 2.5 ton de baterías de (Ni-Cd y Ni- Hidruro de Metal) aproximadamente, a la compañía llamada INMETCO

en Pennsylvania por medio de la empresa RIMSA. Debido a que RIMSA fue la única opción y se tuvo que cumplir con una regulación excesiva los resultados de este piloto no son alentadores por los altos costos que representó, el tiempo invertido y los trámites administrativos. (CENICA – MEXICO 2001).

#### **En que se convierten las pilas al término de su vida útil**

Las pilas son productos individualmente constituidos por varios contaminantes, la innumerable variedad de pilas (químicamente) posibles multiplica enormemente la cantidad de contaminantes a los que el ambiente puede potencialmente exponerse, la combinación de características e importancias toxicológicas que se derivan de esta complejidad. La múltiple variedad de usos, usuarios, diseños, tamaños y formatos y la elevada proporción en la que intervienen en la cantidad total de residuos generados, se encuentran normalmente asociadas a los residuos domésticos.

#### **Planta de residuos**

Selección y reciclaje: Separar las pilas y no tirarlas junto con la basura doméstica, almacenarlas en un lugar seguro e informarse sobre qué puede hacer con estos residuos y/o donde puede depositarlos en forma segura. Para llevar a cabo una selección de pilas para su reciclaje necesitamos conocer tipo de pila y material químico que contiene y clasificarlas por tipo y clase, ya que estas se encuentran catalogadas por pilas primarias y pilas secundarias. Entre las pilas primarias podemos encontrar: pilas secas o de Carbón-zinc, Alcalinas, Botón de Oxido de Mercurio (HgO), Litio y Verdes, y en las pilas secundarias están catalogadas las recargables.

Basureros: La falta de una disposición final adecuada de las pilas y/o baterías al término de su vida útil, representa un problema para la salud y

medio ambiente, ya que estas llegan a parar a los basureros a cielo abierto debido a la falta de conocimiento de la sociedad acerca del gran problema que representa las pilas al no tener una adecuada separación y disposición final, aunado a la poca difusión de información por parte de las autoridades sobre el manejo apropiado que se les debe dar a las pilas, ya que las pilas representan un gran foco de contaminación, al estar expuesta a las intemperie, estas pierden su cubierta liberando los componentes químicos tóxicos que contienen, y estos se filtran al suelo llegando a las capas de agua y hasta los ríos.

Problemas estéticos (olor): Las pilas al tener contacto con la humedad del medio se corroen y desprenden un olor a metal oxidado, en cuanto a los problemas estéticos, las pilas al no tener una disposición final adecuada y ser arrojadas al medio, como cualquier otro residuo da un mal aspecto de falta de higiene, orden y limpieza.

Contaminación de agua, suelo y aire: Como ya se ha mencionado las pilas contaminan el suelo, agua y aire al entrar en contacto con el medio, y pierden su cubierta liberando los elementos químicos tóxicos que contienen, estos no solo dañan al medio ambiente si no que afectan la salud de todo ser vivo.

¿Cómo debemos actuar?

Disminuyendo el consumo de pilas y e informándonos sobre este tema sensibilizando a la sociedad respecto al los daños a la salud y al medio, ocasionados por el uso continuo de pilas y su mala disposición.

Impulsando investigaciones que promuevan alternativas para disminuir el uso de las distintas pilas que existen. No tirar las pilas en la basura, en el campo o en la calle, no enterrarlas, ni quemarlas,

depositarlas en contenedores adecuados para este tipo de residuos al término de su vida útil

### **Acciones posibles y Limitación del consumo**

Debemos promover la instalación de contenedores adecuados para depositar las pilas cuando ya no las usemos y Solicitar a la Secretaría de Economía no permitir la importación ilegal de pilas y baterías ya que estas son mas toxicas y menos eficientes.

Informar a los medios de comunicación sobre este problema que concierne a toda la sociedad en general para crear una conciencia ambiental y poder combatir este problema minimizando el consumo de pilas debido a los problemas ambientales que genera y daños a la salud

Para disminuir el excesivo consumo de pilas, los fabricantes deben incentivar el uso de aparatos con energía alterna, por lo cual deben iniciar a producir más artículos que funcionen con cuerda, energía solar y energía eléctrica u optar por las pilas recargables, pues pueden sustituir 300 desechables.

El contenido del manual plantea objetivos para facilitar las actividades relacionadas con las fases del manejo adecuado de las pilas.

- Incrementar la seguridad, evitando la exposición de los trabajadores y la comunidad.
- Trabajar por la salud pública, a través del control de los desechos como lo son las pilas
- Mejorar la calidad del medio ambiente disminuyendo la contaminación y la mejora de la salud de los seres vivos.

### **Metas**

- El Manual de Manejo de pilas tiene las metas siguientes:
- Proporcionar una herramienta técnica de consulta
- Concientizar a la sociedad sobre los riesgos y costos para las personas y el ambiente, que origina el inadecuado manejo de pilas

### **El contenido de las técnicas del manejo de pilas abarca los siguientes puntos**

- Tipos de Pilas: identificación
- Generación y separación
- Transporte y Almacenamiento
- Tratamiento
- Disposición final

### **Tipos de Desechos**

Los tipos de pilas desechadas al medio ambiente se pueden clasificar de acuerdo a su riesgo en:

**Residuos Peligrosos:** Debido a sus características físico-químicas y las cuales están inscritas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Además que son sustancias o productos químicos con las siguientes características: tóxicas para el ser humano y el ambiente; corrosivas, que pueden dañar tanto la piel y mucosas de las personas como el instrumental y los materiales de las instituciones de salud; inflamables y/o explosivos, que puedan ocasionar incendios en contacto con el aire o con otras sustancias. (LGPGIR)

**Generación y separación:** La sociedad día a día arroja volúmenes variables de pilas. Los

generadores domiciliarios deben guardar en bolsas de plástico las pilas que generan, colocándolas en lugares fuera del alcance de agua u otros líquidos y en lugares adecuados para su recolección. En caso de derrames de los líquidos que contienen las pilas o baterías en los domicilios podrán limpiar con papel o trapo dicho líquido. El trapo puede ser lavado con agua y jabón común. (CEPIS/OPS).

**Capacitación a operadores:** Como una necesidad fundamental para el desarrollo del proyecto, se debe considerar de gran importancia la capacitación a los operadores, es decir a las personas que trabajaran en el transporte de las pilas. Para ello se debe organizar una reunión de capacitación y orientación respecto al tema. (CEPIS/OPS). En esta capacitación se deben desarrollar contenidos educativos respecto a las pilas como lo son:

- Descripción de las pilas y sus efectos en el medio ambiente y la salud humana.
- Riesgos del trabajador en el área
- Manejo de las pilas en la recolección y transporte de las pilas al lugar donde serán almacenadas
- El manejo que deben darle a las pilas en los puntos de almacenamiento.
- Cómo y por que deben portar su equipo de protección

**Transporte:** La empresa responsable de la disposición final de las pilas y/o baterías se deberá comprometer a recoger periódicamente los residuos del centro de acopio temporal y/o general. El transporte para las pilas desechadas implica disponer de barriles con capacidad de 25 litros en los que serian depositadas las pilas y serian transportados en camiones adecuados y por personal capacitado especialmente para ello y con el equipo de protección para su manejo. (CEPIS/OPS).

**Almacenamiento:** El almacenamiento de los tambores después de transportados, se deberá realizar en un lugar proporcionado por las autoridades competentes en la materia o por los fabricantes de las pilas. (CEPIS/OPS).

**Condiciones del almacenamiento.** (CEPIS/OPS).

- El almacenamiento de pilas debe realizarse en envases cerrados, libre de humedad y ambiente fresco. Se recomienda tambores metálicos de 200 litros con tapa, pudiendo usar barriles de polietileno de alta densidad con tapa. Existe el peligro de emanaciones crecientes en función de la temperatura, por lo tanto, el local debe ser techado, ventilado, cerrado y con acceso restringido a operadores.
- Debe mantenerse un registro de ingreso y egreso de envases, con rótulos en cada uno que deben llevar claramente: contenido, fecha de ingreso, procedencia y cantidad en unidades de masa (Kg). El tiempo de almacenaje no debe ser mayor a 30 días pues las pilas y/o baterías almacenadas deberán ser mandadas de manera periódica al sitio de disposición final. Trimestralmente se deberá entregar un reporte a las autoridades competentes en la materia, de las cantidades de pilas enviadas.
- El almacén de pilas NO es necesario que se registre como generador de residuos peligrosos ante la SEMARNAT.
- El Centro de Acopio Temporal de pilas no podrá mantener por más de 6 meses las pilas dentro de sus instalaciones. En esta

etapa de manejo no se puede realizar ninguna actividad con las pilas, únicamente acumularlas.

- Informar a la ciudadanía mediante esquemas de difusión para crear una conciencia social en torno a evitar la contaminación por medio de pilas y baterías.

#### **Precauciones en el almacenamiento.**

(CEPIS/OPS).

Las medidas preventivas que se deberán tomar en el manejo de las baterías usadas, son sencillas en lo que al acopio se refiere tales como contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia.

1. Los recipientes deberán ser de polipropileno y/o acero inoxidable, que es el material mas indicado para recibir de manera temporal estos residuos. Dichos recipientes deberán contener la leyenda “Solo baterías usadas”, y serán de colores rojos, azules y/o amarillos para su mejor identificación.

2. Es conveniente que las pilas y/o baterías sean protegidas colocando un parche de seguridad en los polos a fin de evitar la polarización con otras pilas.

3. En los lugares estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones; y donde se ubiquen los contenedores para pilas usadas se contara con un letrero con las instrucciones para el depósito de los residuos alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

4. El centro de acopio temporal (tambo 200 lts) deberá contar con tapa, señalamientos y colores de identificación de residuo peligroso, la leyenda “SOLO PARA BATERIAS USADAS”, así como estar ubicado en un lugar separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos.

#### **Alternativas para una disposición final sustentable**

##### **Confinamiento controlado:**

El confinamiento controlado es una obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, construida y operada de manera tal que garantice su aislamiento definitivo. (INE 2007).

La localización y selección de sitios para confinamientos deberá buscar formas geológicas estables, considerando el diseño y construcción de celdas de confinamiento, obras complementarias y celdas de tratamiento. Una vez depositados los residuos, el generador y la empresa de servicios de manejo contratada para la disposición final deberán presentar a la autoridad reportes de cantidad, volumen, naturaleza de los residuos, fecha de disposición, ubicación dentro del confinamiento y sistema de disposición final. Los lixiviados y gases deberán colectarse y tratarse para evitar la contaminación al ambiente y deterioro de los ecosistemas. (INE 2007).

En México la disposición final de residuos peligrosos se realiza en confinamientos controlados, teniéndose una selección del sitio, diseño y construcción normadas por las NOM-055-ECOL-1993, NOM-056-ECOL-1993, NOM-057-ECOL-1993 y NOM-058-ECOL-1993. (INE 2007).

**Rellenos Sanitarios:** Un relleno sanitario se define como la obra de ingeniería que reúne características específicas para la disposición final segura de residuos sólidos municipales. La práctica general en gran cantidad de países que tienen un incipiente o nulo control de residuos peligrosos es la de disponer éstos en rellenos sanitarios junto con los residuos sólidos municipales. (INE, 2007).

Como resultado de los serios problemas que presentan los sitios que fueron tiraderos de basura y han sido abandonados, se creó el concepto de ingeniería de rellenos sanitarios, donde los residuos peligrosos se separan en un sitio seleccionado para esto, además de que se aíslan de otro tipo de residuos. Cualquier lixiviado que se genere se trata, además de llevar un monitoreo sobre las aguas subterráneas y superficiales del lugar. (INE 2007).

Muchos países ya han desarrollado normas técnicas para la construcción de este tipo de rellenos. En México, la normatividad existente es reciente, teniéndose dos Normas Oficiales Mexicanas:

- *NOM-083-ECOL-1994* Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.
- *Proyecto de NOM-084-ECOL-1994* Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias. (INE, 2007).

Es la opción que más se utiliza en la actualidad, pero se encuentra limitada por la escasa cantidad disponible de dichos rellenos. Residuos Industriales Multiquín S.A. de C.V. es una de las empresas en México que cuenta con rellenos sanitarios para residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

La nueva clasificación de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (LGPGIR) contempla para los residuos industriales de baja peligrosidad, el control por parte de las autoridades estatales. RIMSA cuenta con un centro de tratamiento y disposición final, y tiene autorización para dar tratamiento y disponer en celdas de alta seguridad estos residuos de manejo especial.

**Agente Secuestrante:** El método secuestrante para el tratamiento de las pilas fue elaborado y desarrollado por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El tratamiento de pilas en desuso consistirá fundamentalmente en obtener un mecanismo que asegure que no se producirá contaminación por *lixiviación*. El proceso electroquímico de las pilas no se agota cuando esta deja de entregar energía suficiente sino que continúa produciendo corrosión por diferencia de potencial, que deriva de la envoltura metálica. De este modo los iones de metales pesados pasan a formar parte del lixiviado. En tal sentido se diseñará un sistema que cuente con cinco barreras de seguridad, conformadas por el uso de tres componentes:

- Compuesto químico que neutralice, inhibe y secuestre posibles pérdidas de los metales pesados que contienen las pilas. (En adelante “el secuestrante”).
- Bolsas de polietileno de alta densidad, termo-selladas.
- Claustro (bloque de hormigón, relleno de tubo de 110 mm PVC polivinilcloruro), etc.

#### **Equipos e Insumos necesarios para el tratamiento**

- Máquina envasadora adecuada

- Anteojos de seguridad policarbonato
- Guantes de látex descartables
- Guantes de policloloropreno resistentes a ácidos y solventes.
- Cucharas plásticas dosificadoras para 100 gr y 50 gr.
- Protectores respiratorios buconasales.
- Delantales atóxicos amarillo-blanco de 0.90 y 1.10 mm.
- Vestimenta adecuada
- Recipientes de Plástico
- Folletos y calcomanías

#### **Formulación del secuestrante para 10 Kg.**

- Cal (hidróxido de sodio): 50 % - 5 Kg.
- Cemento: 49.25% - 4.925 Kg.
- EDTA (ácido etilentetracético disódico): 0.5% - 0.05 Kg.
- Tartracina: 0.25% - 0.025 Kg.

#### **Pasos del tratamiento**

Se tomará una cantidad aproximada de cincuenta pilas, introduciéndolas en una bolsa pequeña y se le colocará en su interior polvo secuestrante en cantidad suficiente para que las pilas queden cubiertas totalmente. (Secuestrante 1ª. barrera-Bolsa termo sellada 2ª. barrera)

Se colocarán de tres a cinco bolsas pequeñas en una bolsa mayor, repitiendo la colocación del polvo secuestrante en su interior, realizando el posterior termosellado. (Secuestrante 3ª. barrera-bolsa termo sellada 4ª. barrera).

La bolsa grande se introducirá en un molde para la construcción del bloque de hormigón, previniendo que mantenga una distancia apropiada de sus caras superior e inferior como así también de sus laterales, recomendándose que sea como mínimo de cinco

centímetros la distancia con el exterior del bloque terminado.

Para esto se deberá realizar un primer giro de material, vibrarlo, verificar el espesor resultante, introducir la bolsa y completar la carga, nivelando por último la cara superior. (Bloque de hormigón 5ta barrera).

Una vez terminado el tratamiento, la disposición final se referirá al uso posible de los bloques de hormigón y de tubos PVC rellenos. Se deberá tratar a dicho tubo como material peligroso, por lo tanto se almacenará en un lugar seguro o bien se lo usará como relleno en obras de construcción que aseguren su permanencia "eterna". Cabe destacar finalmente que el proceso de tratamiento deberá ser llevado a cabo por personal apto en el manejo de residuos peligrosos, debiéndose capacitar para tal fin.

#### **Se debe suponer:**

- Es un acondicionamiento. El problema de fondo no está solucionado.
- Son residuos peligrosos y por lo tanto, desde el momento en que se las empieza a juntar tienen que ser manipuladas por personal con la precaución correspondiente.
- Lo ideal es que se haga con el apoyo de escuelas técnicas, utilizando mano de obra que no genere ningún costo como puede ser de gente privada de la libertad, todo bajo la supervisión de docentes bien asesorados, empleando todos los procedimientos técnico-legales del manejo de residuos peligrosos.
- Queda claro que "no eliminamos ni reducimos el contenido de contaminantes". Por lo tanto, la disposición no es final sino transitoria.

- Los bloques tienen que quedar a buen resguardo, para ser tratados en algún momento.
- Bajo ningún concepto se pueden usar como elementos de construcción, ni para postes, ni nada que en algún momento pueda ser demolido.

**Disposición final de pilas agotadas, dentro de bloques de vidrio que durarian mas de 1.000 años”,**

La “Disposición Final de Componentes Tóxicos, de Pilas Agotadas, dentro de “Bloques Vitroceramicos”, realizados con vidrio de desechado”, fue elaborado por Russo y colaboradores en el Centro Atómico Bariloche (C.N.E.A Comisión Nacional de Energía Atómica, 2011).

A través de este trabajo se estudia un método efectivo de disposición final de pilas y baterías domiciliarias agotadas, que “son dispositivos que convierten la energía química generada por la reacción de sus componentes en energía eléctrica. Los principales componentes de las pilas son mercurio, cadmio, níquel y manganeso”.

Este proyecto de investigación describe un procedimiento mediante el que se obtiene un bloque vitro-cerámico monopólico, fabricado con vidrio de desecho, que contiene hasta un 25% en peso de su material proveniente de un pre-tratamiento de las pilas agotadas y utilizando técnicas de sinterización, prensado.

Que se entiende como proceso de sinterizado, al ingreso de las piezas a un horno con temperatura que no exceda el punto de fundición del metal base. A esta temperatura los enlaces mecánicos entre los polvos obtenidos por el compactado se transforman

en enlaces metalúrgicos, dándole así sus principales propiedades de resistencia.

La práctica de desechar las pilas y baterías agotadas, con los residuos domiciliarios, conduce a que estas se abandonen en terrenos conectados con las capas freáticas.

Las pilas constituyen el segundo material que más tarda en desintegrarse, llegando a demorarse más de mil años en desaparecer de la superficie.

La dispersión de las pilas en medios corrosivos, como los basurales, es altamente perjudicial para el medio ambiente debido a las sustancias toxicas que la componen, en especial de mercurio, cadmio , plomo y manganeso.

Según algunos estudios médicos, éstos indican que la presencia de un alto nivel de mercurio en la sangre provoca cambios de personalidad, pérdida de visión, sordera, problemas en los riñones y pulmones, y es altamente peligroso en mujeres embarazadas.

La generalización de la utilización de aparatos portátiles ha llevado a que el consumo de pilas alcance promedios entre 8 y 18 pilas por año por persona aproximadamente y estos altos niveles de consumo de las pilas no muestra tendencia a disminuir y que el problema de disposición se ira incrementando.

Estos residuos cuya generación no se limita solo al ámbito industrial o comercial, sino que involucra el uso hogareño y poseen características peligrosas, incluidas dentro de los que genéricamente se denominan residuos peligrosos universales.

Llamados residuos peligrosos universales o masivos, son residuos de origen domiciliario, comercial o industrial, que al presentar alguna característica de

peligrosidad es conveniente su recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos.

Cada clase de pilas tiene al menos dos metales presentes en dos formas químicas diferentes, como metales puros y como óxidos. Por lo tanto, toda pila que tiene alta concentración de metales debe ser considerada como elemento de cuidado.

Este método fue desarrollado por la División De Materiales del Centro Atómico Bariloche, para la inmovilización de pilas agotadas en vidrio, en forma tal de retardar el mayor tiempo posible la incorporación de estas sustancias tóxicas al medio ambiente.

El mismo consiste en el procesamiento del vidrio y de las pilas por separado, para luego realizar la etapa conjunta de sinterización que da como resultado un bloque vitrocerámico.

Este tipo de vidrios, tiene una resistencia mecánica y unas propiedades de aislamiento eléctrico superiores a la del vidrio ordinario, por lo cual es conveniente difundir estas propiedades.

Los trabajos se iniciaron hace tiempo, los cuales dieron como resultado un bloque monolítico formado por vidrios de desecho y pilas agotadas tratadas.

Estas experiencias fueron hechas a escala de laboratorio y con posibilidades de comenzar a corto plazo los estudios de implementación a nivel de planta piloto.

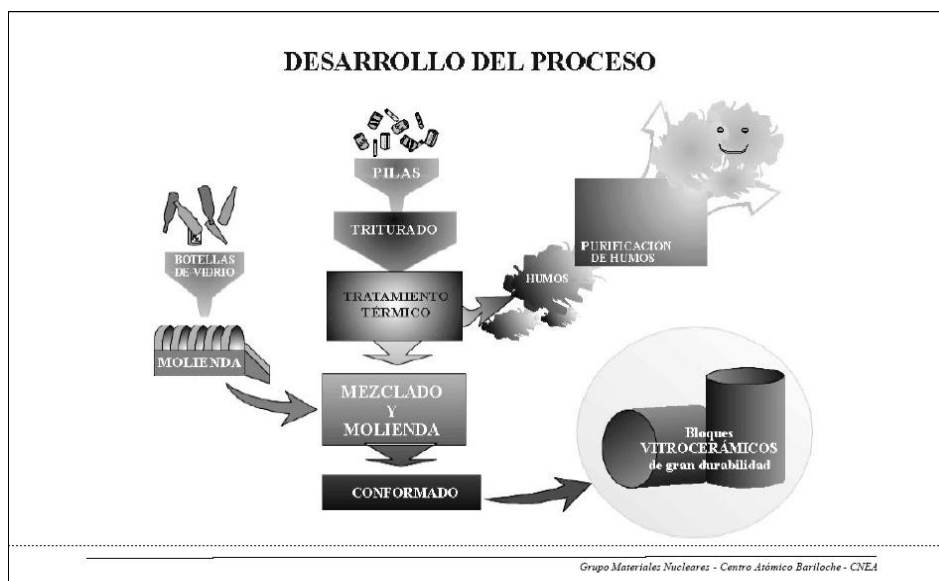
Los equipos a utilizar son de fácil construcción y/o adquisición, por lo que podrá ser puesto en práctica con facilidad.

Es deber del Cuerpo Legislativo, conformar un marco normativo que de respuesta a las necesidades del medio ambiente, generando una reglamentación jurídica e institucional integral, con un "contenido concreto y un desarrollo jurídico adecuado a los derechos constitucionales relacionados con el medio ambiente".

### **Expectativas positivas**

Los vidrios vitroceramicos son utilizados en la confección de utensilios de cocina, para hornos domésticos, conos frontales de cohetes o ladrillos termo resistentes para recubrir naves espaciales.

Figura 2. DESARROLLO DEL PROCESO.



Fuentes: Centro Atómico Bariloche-Comisión Nacional de Energía Atómica

### *Intervenciones de Educación Ambiental*

En esta etapa se hará un análisis minucioso de la información recabada en las etapas anteriores, que de acuerdo a dichos resultados se realizarán actividades de educación ambiental como por ejemplo campañas de sensibilización, campaña de recolección de pilas, entre otras, necesarias para que la sociedad conozca y sea participes en las acciones de manejo de pilas, con el fin de que estas sean llevadas a cabo dentro de las labores cotidianas de cada uno de nosotros, de esta manera colaboraremos en la mejora de nuestra salud y de nuestro entorno.

TABLA V. MATRIZ SOCIO-AMBIENTAL PROBLEMATIZACIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE

ÁREA DE INTERVENCIÓN	PROBLEMA	CAUSAS	SOLUCIONES
<b>SOCIEDAD</b>	El alto consumo desmedido de pilas para comodidad del ser humano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de aparatos de fuentes portátiles de energía.</li> <li>- Son arrojadas al ambiente causando daños a la salud y medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuir el consumo de pilas</li> <li>- Sensibilizar a la sociedad respecto a los daños a la salud y al medio, ocasionados por el uso continuo de pilas y su mala disposición.</li> <li>- Promover la instalación de contenedores adecuados para depositar las pilas cuando ya no las usemos.</li> <li>- Solicitar a la Secretaría de Economía no permitir la importación ilegal de pilas y baterías ya que estas son mas toxicas y menos eficientes.</li> </ul>
<b>AMBIENTAL</b>	Son tiradas a la basura y llevadas a los basureros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perdida de cubierta por lo cual liberan los metales que contienen</li> <li>- filtración de los metales al suelo, pasando a las napas de agua y llegando hasta los ríos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsar investigaciones que promuevan alternativas para disminuir el uso de las distintas pilas que existen.</li> <li>- No tirar las pilas en la basura, en el campo, en la calle.</li> <li>- No enterrar las pilas</li> <li>- Depositarlas en contenedores adecuados para este tipo de residuos al termino de su vida útil</li> <li>- Disminuir el uso de pilas</li> </ul>
<b>SALUD</b>	Son arrojadas junto con la basura domestica y van a parar a los basureros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los metales que contienen se filtren al suelo y pasando a las capas de agua y llegando hasta los ríos.</li> <li>- Llega al ser humano en el consumo alimenticio, vías respiratorias o por medio de la higiene personal, provocando daños a el cerebro, riñones y al feto, provocando retraso mental, en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separa las pilas y no tirarlas junto con la basura domestica.</li> <li>- Almacenarlas en un lugar seguro</li> <li>- Informarse sobre que puede hacer con estos residuos y/o donde puede depositarlos en forma segura.</li> </ul>
<b>TECNOLÓGICO</b>	Innovación tecnológica en el mercado de nuevos productos más sofisticados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La creación de aparatos que requieren de pilas para su uso.</li> <li>- Un alto consumo de pilas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricar más productos que funcionen con cuerda, energía solar y energía eléctrica.</li> <li>- Optar por las pilas recargables, pues pueden sustituir 300 desechables.</li> </ul>
<b>ECONÓMICO</b>	Genera un elevado costo el consumo de pilas a largo plazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevos aparatos portátiles y consumo desmedido de los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar pilas recargables ya que a largo plazo ahorraras dinero y no generaras menos de 1 pila al año además de que las</li> </ul>

		mismos; los cuales requieren de pilas para su funcionamiento generando toneladas de pilas consideradas residuos peligrosos debido a los metales que contienen.	pilas recargables tienen más tiempo de vida.
<b>CULTURAL</b>	Una falta de conocimiento sobre este tipo de residuos y falta de una educación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de información en los medios de comunicación sobre el problema ambiental y de salud que genera el uso excesivo de las pilas.</li> <li>- Disposición inadecuada para las pilas ya que son arrojadas junto con la basura domestica, siendo que las pilas necesitan de un manejo tratamiento y disposición final segura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar a los medios de comunicación sobre este problema que concierne a toda la sociedad en general para crear una conciencia ambiental y poder combatir este problema minimizando el consumo de pilas debido a los problemas ambientales que genera y daños a la salud</li> </ul>

(Basado en López-Hernández, 2006)

El análisis de la matriz destacó los siguientes aspectos:

a. Que existen muy malos hábitos de consumo, la falta de interés de toda la comunidad de la institución por el manejo adecuado de los residuos de manejo especial como las pilas.

b Debido al alto consumo de estas, y al no depositarlas en un lugar adecuado y seguro al termino de su vida útil, por lo cual ocasionamos un grave daño al medio ambiente y contribuimos al deterioro de nuestro planeta.

c. La educación ambiental debe ser aplicada a toda la comunidad, ya que ellos son los indicadores, esto para hacerlos sensibles a cambios de actitudes y valores acerca de la problemática ambiental.

d. Además de que ponemos en riesgo la salud de todo ser vivo ocasionando daños en el organismo como por ejemplo problemas en las vías respiratorias daños al cerebro, riñones, ceguera, convulsiones, etc.

CUADRO 2. FODA DEL MANEJO SUSTENTABLE DE PILAS

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medio natural con alto grado de conservación.</li> <li>• Continuación de actividades tradicionales a favor del entorno.</li> <li>• Inicio de la gestión ambiental.</li> <li>• Formación en Ingeniería Ambiental</li> <li>• Conocimiento las tecnologías con las que cuentan otros países para el tratamiento o disposición final de las pilas.</li> <li>• Diseño y planeación de programas de educación ambiental focalizados al uso y disposición de pilas.</li> <li>• -Acervo bibliográfico de investigaciones realizadas el tema de las pilas.</li> <li>• Propuestas de disminución del consumo de pilas a nivel mundial.</li> <li>• Uso de otras fuentes de energía como energía solar, eólica y energía eléctrica convencional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incursionar en un tema de interés social, ambiental, económico, cultural y de salud como son las pilas.</li> <li>• Contactos con investigadores de otros países especializados en este tema.</li> <li>• Formación y conocimiento de la disposición de las pilas a la sociedad en general.</li> <li>• Impulso de las áreas que cuentan con espacios protegidos.</li> <li>• Intensificación de la concientización ambiental.</li> <li>• Posibilidad de utilizar los residuos para la fabricación de mosaicos, composta, etc.</li> <li>• Capacitar a docentes en materia de educación ambiental.</li> <li>• Mejores campañas de publicidad.</li> <li>• Incorporación de materias básicas con contenido ambiental y oferta de Educación Continua.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en el consumo de pilas</li> <li>• Falta de información y concientización sobre el tema.</li> <li>• Pocos estudios realizados en México.</li> <li>• Falta de recursos económicos para investigación e implementación de tecnología.</li> <li>• Desconocimiento en los departamentos de gobierno y medios de comunicación para informar a la sociedad con difusión permanente de programas ambientales.</li> <li>• Falta de conocimiento de la disposición adecuada de pilas a la sociedad en general.</li> <li>• Pocos lugares existentes para la disposición segura de las pilas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de interés y concienciación de la sociedad en todos sus sectores y niveles respecto al uso inadecuado de las pilas.</li> <li>• Efectos nocivos al medio ambiente y a la salud ocasionados por las pilas</li> <li>• No difundir, extender y dar permanencia a las acciones de planes ambientales.</li> <li>• No invertir en infraestructura para las diferentes acciones del plan.</li> <li>• No formar y capacitar a los estudiantes en la dimensión ambiental y la sustentabilidad</li> <li>• Contribución al calentamiento global</li> <li>• Contaminación de suelo y agua</li> </ul>

(Adaptado de López-Hernández, 2006).

Los resultados que se muestran la matriz FODA de la Tabla VI, sirvieron para establecer los objetivos y desarrollar las estrategias que, por un lado, capitalicen las oportunidades y fortalezas, y por otro,

contrarresten las amenazas y debilidades. Es primordial resaltar que esta análisis FODA es la clave para conocer el presente y hay que tener en cuenta que no se puede afrontar el futuro con

garantías si no se tiene en cuenta la situación que estamos viviendo.

Un ejemplo es la mala disposición que le damos a las pilas, la poca información sobre el tema y los pocos lugares existentes para una disposición segura, así que podemos tomar como primer instancia, incursionar en este tema que es de interés social, ambiental, económico, cultural y de salud, indagar en las tecnologías con las que cuentan otros países para el tratamiento o disposición final de las pilas y utilizar otras fuentes de energía como la energía solar, eólica y energía eléctrica convencional.

#### **Medidas concretas de cómo podemos contribuir a mitigar el impacto de las pilas**

**Disminución del consumo:** Disminuir el consumo de pilas y sensibilizar a la sociedad respecto a los daños a la salud y al medio, ocasionados por el uso continuo de pilas y su mala disposición.

**Separación y reciclaje:** si revolvemos los residuos peligrosos con los demás tipos de residuos, estamos extendiendo su peligrosidad y dispersándola en el ambiente. Por eso debemos comenzar por separar la basura, algunos residuos como las baterías, se pueden reciclar a través de programas donde los proveedores reciben los residuos para reutilizarlos o colocarlos en contenedores que se encuentran en lugares estratégicos como los supermercados, parques o lugares de mayor concurrencia.

**Disposición final segura:** Una vez que disminuimos nuestra producción de residuos peligrosos y que los hemos separado e incluso reciclado, puede ocurrir que aun no encontremos opciones para ciertos productos. Finalmente, si generamos algún residuo peligroso, entonces debemos ver la manera de

deshacernos de él en forma segura, tanto para nosotros como para el ambiente. Para ello es necesario que localicemos alguna empresa que tenga algún sistema de recolección, tratamiento y/o transferencia de residuos peligrosos a los sitios adecuados y seguros para una disposición final sustentable.

#### **Lista de las posibles soluciones para disminuir este problema ambiental y de salud**

Según Lemke, A. 2004 para disminuir este problema ambiental y de salud es Cambiar nuestros hábitos, consumir de manera ambientalmente responsable:

- Instalar contenedores adecuados, en sitios estratégicos tales como centros comerciales, abarroterías, parques, etcétera; para depositar las pilas y baterías cuando ya no las usamos.
- Solicitar a la Secretaría de Economía no permitir la importación ilegal de pilas y baterías, y con ello trabajar en coordinación en la difusión y capacitación de la sociedad, para formar promotores respecto al uso y disposición de pilas, quienes se encargarán de proporcionar la información en el plano formal y no formal.
- No permitir la incineración de pilas y baterías. Las campañas de recolección de pilas en comercios u otros sitios no siempre solucionan el problema, investigar cuál será el destino de las pilas recolectadas.
- Optar por las pilas recargables, pues pueden sustituir 300 desechables.
- Evitar el uso de pilas siempre que sea posible.
- Usar y promover productos que funcionen con energía mecánica (cuerda), energía solar y energía eléctrica.
- Elige los productos que se pueden conectar a la red eléctrica, además de no contaminar, es más eficiente desde el punto de vista energético.

- La mitad de las pilas utilizadas son para esparcimiento, disminuye dicho consumo.
- No comprar pilas piratas: es ilegal, duran menos y son más tóxicas.
- No tirar las pilas en la basura, en el campo, en la calle. Evita que lleguen a cuerpos de agua y jamás las quemes, pues los metales tóxicos desprendidos irán a la atmósfera.
- No enterrar las pilas, ya que contaminan la tierra, el subsuelo y el agua una vez que se oxide su cubierta de metal.
- Llamar a los números telefónicos 800 indicados en los empaques de las pilas y pregunta por las acciones de recolección del fabricante. Si declara no tenerlas, dile que la fábrica es responsable de su producto en todo su ciclo de vida y exige que retiren los tóxicos de las pilas y baterías.

### **Consideraciones finales**

- El mercurio de las pilas es enormemente tóxico, este metal y varios de sus compuestos son bastante insolubles, por lo que pueden quedar en tierra o depositado en el fondo de ríos y lagos. Los microorganismos presentes en estos medios, los convierten en metil-mercurio que tiene mayor toxicidad y movilidad ambiental.
- Por ello entre los desechos tóxicos y peligrosos, las pilas destacan por su peligrosidad debido a las cantidades de contaminantes cuya concentración provoca daños a la salud y al ambiente.
- La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos de América (EPA), indicó que aproximadamente 50% del mercurio contenido en los lixiviados de vertederos, proviene de pilas domésticas. (EPA, 2005)

- Las pilas son una pequeña muestra de la enorme cantidad de basura tóxica que cotidianamente van a parar a basureros a cielo abierto y rellenos sanitarios. La medida más adecuada parece ser la recolección de las mismas y su disposición en centros de seguridad especialmente acondicionados este tipo de residuos. (EPA, 2005)

- La legislación mexicana señala que deben ser las autoridades federales, estatales y municipales las responsables de una disposición segura de pilas y baterías para evitar la contaminación química y el daño ambiental mediante planes de manejo especial para su acopio. (LGEEPA, 2007)

- No obstante, la solución total para este problema no existe, un conjunto de medidas concordantes entre sí, puede mitigarlo. Mientras se avanza en que los que producen lo hagan sustentablemente, es decir dando soluciones a los problemas que producen sus productos una vez usados. (Jacott, 2001).

- Se trata así de disponer de políticas que eviten que las pilas se arrojen en la basura domiciliaria, y se facilite la recolección de las mismas, para un destino final ambientalmente seguro. (EPA, 2005)

- 1.- La solución total para este problema no existe.
- 2.- Un conjunto de medidas concordantes entre sí, puede mitigarlo.
- 3.- Mientras se avanza en que, los que producen lo hagan sustentablemente, es decir dando soluciones a los problemas que producen sus productos una vez usados, por nosotros, los usuarios, NO les brindemos la solución.

3.-Debemos impulsar investigaciones que promuevan alternativas para disminuir el alto consumo de las distintas pilas que existen.

4.- Debemos informar a los medios de comunicación sobre este problema que concierne a toda la sociedad en general, para crear una conciencia ambiental y poder combatir este problema minimizando el consumo de pilas debido a los problemas ambientales que genera y los daños a la salud.

5.- Colaboremos en mitigar el potencial daño al hábitat pero presionemos con leyes que obliguen a que las soluciones y las tecnologías las brinden los que están lucrando con productos que saben que NO son inocuos para el ambiente.

## 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. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas.pdf>
- BOZOGLIÁN F., GONZÁLEZ M., MISSIRDJIEFF F. 2001. Pilas y contaminación ambiental: una solución adecuada al Uruguay. Revista de Ingeniería Química, Nº 20,
- CÁRDENAS B., Revisión y análisis de las experiencias nacionales respecto de los cinco elementos clave para el manejo ambiental de pilas y baterías, lubricantes y envases de plaguicidas en México. Informe y anexos. <http://mx.geocities.com/manejoderesiduos>
- CASTRO DÍAZ J., DÍAZ ARIAS M. L. 2004. La Contaminación por pilas y baterías en México. Gaceta Ecológica, INE- SEMARNAT. Num 72. México
- CECОВI, 2000. Allevato H., Recicleje de pilas y baterías. Aspectos tecnológicos versión junio 2001. [http://www.idrc.ca/uploads/user-S/11437601661gr-02\\_11-pilas\\_pag89-94.pdf](http://www.idrc.ca/uploads/user-S/11437601661gr-02_11-pilas_pag89-94.pdf)
- CECОВI. (8 de 03 de 2000). [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 7 de 10 de 2007, de [www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html).
- CECОВI. 2. d. (5 de 12 de 2000). <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf>. Consultado el 12 de 9 de 2007
- CECОВI. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe <http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068alfredomarcipar.html>
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL. 2001. Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de PILAS Y BATERÍAS. CENICA – MEXICO.
- CEPIS/OPS: "Manejo de residuos hospitalarios". Lima, 1994. <http://PILAS\CEPIS-OPS- Manual para el Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud.htm>
- D. O RUSSO, M. E. STERBA, N. MECÍ DE BERNASCONI, H.C. AGUEDA, S. PRÉSTALO, A. D. HEREDIA, M. SANFILIPPO Y J. C. SBRILLER. DISPOSICIÓN FINAL DE PILAS AGOTADAS, DENTRO DE BLOQUES DE VIDRIO QUE DURARIAN MAS DE 1.000 AÑOS". Centro Atómico Bariloche - C.N.E.A (Comisión Nacional de Energía Atómica)
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1988. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2006. PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006 que establece las

Especificaciones para la clasificación e identificación de pilas y baterías para el manejo ambientalmente adecuado de éstas, cuando sean desechadas.

- 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 ECOLOGIA. 2007. Disposición Final De Medicamentos Caducos Agosto 2007. D:\Instituto Nacional de Ecología ccc.htm
- INSTITUTO NACIONAL DEL CONSUMIDOR. 1995. Conozca quién es quién en pilas eléctricas. Revista del consumidor. Num. 226: 24-34.
- LEMKE, A. 2004. Clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto Giresol. Proyecto GTZ. Manejo de Residuos Sólidos en 5 ciudades de la X Región. Chile. Pp. 39.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ E. S., PRIEGO ÁLVAREZ H. R., Aprendizajes en la construcción del plan ambiental de una universidad pública del trópico húmedo. "Juchimán Verde y Oro". HORIZONTE SANITARIO. VOL. 6 NUM. 1 ENERO-ABRIL 2007: 14, 19-23
- ROJAS, A. (2006). Plan de manejo para la gestión de pilas y baterías en el municipio de Pátzcuaro, Michoacán de Ocampo
- SEMARNAT. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Diario Oficial de la Federación, 28 de enero.
- SEMARNAT. 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Diario Oficial de la Federación, 8 de octubre.
- SEMARNAT. 1993. 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.