

## DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS DE INTERÉS TECNOLÓGICO CONTENIDOS EN BATERÍAS GASTADAS

Miguel A. González López<sup>a</sup>, Leticia E. Hernández Cruz<sup>a</sup>, Alejandro Alonso Gómez<sup>b</sup>, Ma. Isabel Reyes Valderrama<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carretera Pachuca-Tulancingo, km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, C.P. 42184 Hidalgo, México.

[mgl\\_k55@hotmail.com](mailto:mgl_k55@hotmail.com)

<sup>b</sup>Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco, Departamento de Energía, Ave. San Pablo 180, C.P. 02200, México, D.F.

### RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la determinación de elementos de interés tecnológico contenidos en baterías gastadas. Las variables analizadas fueron: tipo y marca de pila. Para llevar a cabo el estudio, primero fue necesario desmantelar cada pila para separar al ánodo y al cátodo de sus elementos externos, los cuales fueron analizados y caracterizados mediante espectroscopia por inducción de plasma acoplada (ICP) y por difracción de rayos X (DR-X). Los resultados del análisis químico y de la caracterización mostraron la presencia de litio y algunos otros elementos metálicos, dependiendo del tipo de pila estudiado.

### 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de baterías en México ha incrementado considerablemente durante los últimos años, esto ha propiciado la generación de una gran cantidad de baterías gastadas, almacenadas en el mejor de los casos en los basureros. Esta fuente potencial de baterías no es aprovechada como se debe y a su vez es una fuente de contaminación grave para el planeta.

Las pilas y las baterías son unidades de almacenamiento de energía electroquímica, la cual es liberada en forma de electricidad cuando se acoplan a un circuito externo. Una pila consiste en una celda única, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas. Clasificando a las pilas en función de su duración se puede observar dos tipos, las primarias (no recargables) y las secundarias (recargables). Diversos artículos eléctricos y electrónicos pueden funcionar con cualquiera de estos dos tipos de pilas. El contenido de las pilas es variado, ya que pueden contener metales como cadmio, litio, manganeso, mercurio, níquel, plata, plomo y cinc, ya sea en forma de componente primario o como impureza. Incluyen también un electrodo de carbón o un electrolito a base de hidróxido (generalmente de potasio o sodio) y cloruro de sodio, que funcionan como medio conductor de corriente eléctrica; contienen además plástico, papel y lámina metálica, materiales que dan recubrimiento y protección a la pila [1]. Algunos autores reportan que del total de metales presentes en las baterías, entre 15 y 29% son metales de tierras raras [2]. De manera natural, las tierras raras se extraen de algunos minerales, sin embargo cabe mencionar que estos metales son clasificados como elementos traza debido a su escasez en la naturaleza (<0.1%). Se reconoce a la monacita como el mineral de lantánidos más abundante y de

más amplia distribución, éste se compone principalmente de cerio, torio e itrio en forma de sales fosfatadas [3].

De acuerdo a lo anterior, una fuente secundaria no aprovechada para recuperar elementos de tierras raras lo constituyen las baterías gastadas, es por esto que en este trabajo se analizó y caracterizó el contenido de baterías gastadas con la finalidad de conocer el contenido de éstas y más adelante recurrir a la *metalurgia extractiva* para recuperar los metales valiosos y/o reutilizables (tierras raras) de las mismas, evitando así el desperdicio de estos valores metálicos que tan difícilmente se encuentran en la naturaleza y fomentando su re-aprovechamiento.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se trabajó con diferentes tipos y marcas de pilas, eligiendo el tamaño AA como el principal, debido a que fue el tipo que se recolectó con mayor facilidad. Las marcas seleccionadas fueron: Sony, Panasonic, Tectron y Eveready. Asimismo, se recolectaron baterías usadas (ion-Li) de dispositivos electrónicos (lap top).

### a) Pilas tipo AA

Se desmanteló la pila tipo AA (figura 1) con unas pinzas mecánicas, retirando la carcasa de aluminio, la cubierta plástica y demás componentes para tener acceso a las partes de interés (ánodo y cátodo) (figuras 2 y 3, respectivamente). El ánodo y cátodo se separaron y molieron con un mortero de ágata. Posteriormente, 0.2 gramos de los polvos molidos se lixiviaron con 50 mL de agua regia durante 2 h a temperatura ambiente (ver figura 4) y los licores resultantes de la lixiviación se analizaron mediante espectroscopia por inducción de plasma acoplada (ICP), con un equipo Perkin Elmer Optima modelo 3000XL.

Tanto los polvos molidos como los resultantes de la lixiviación se caracterizaron mediante difracción de rayos X (DR-X) con un equipo marca INEL, modelo EQUINOX 2000 con un portamuestras de nylamid, durante 30 minutos.



Figura 1. Pila tipo AA desmantelada (carcasa metálica y cubierta plástica)



Figura 2. Parte catódica



Figura 3. Parte anódica

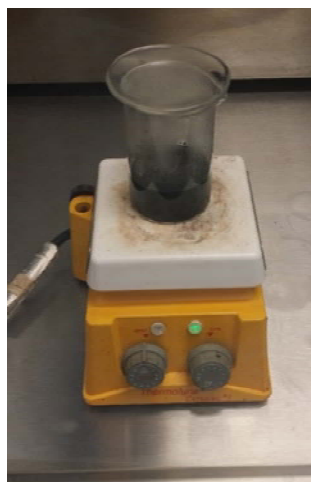


Figura 4. Lixiviación de pila AA

## b) Baterías ion-Li

Se desmanteló la batería (ver figura 5) utilizando unas pinzas mecánicas, retirando la carcasa plástica y demás componentes para tener acceso a las partes de interés (ánodo y cátodo) (figura 6). Al ánodo y cátodo se les desprendió manualmente la parte plástica y con ayuda de una prensa de banco y un serrucho se obtuvieron rodajas de material tanto anódico, como catódico (ver figura 7), los cuales se lixiviaron con 50 mL de agua regia durante 2 h a temperatura ambiente y se analizaron mediante ICP. Posteriormente los polvos se caracterizaron por DR-X.



Figura 5. Batería ion-Li desmantelada



Figura 6. Parte anódica y catódica



Figura 7. Rodaja de batería ion-Li

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de ICP de los licores de lixiviación de las pilas tipo AA reveló una pequeña cantidad, menor a 1 ppm de litio, en la parte catódica y anódica de las mismas y a su vez se constató que estas pilas no contienen elementos de tierras raras como lantano, neodimio y/o praseodimio. Por otra parte, para el caso de las baterías ion-Li los resultados de ICP mostraron los resultados que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Contenido de baterías ion-Li

Elemento	%
Ni	0.9365
Co	0.0092
Mn	0.95
Fe	21.41
Li	7.31
Resto	69.3843

Los resultados de difracción de rayos-X de los polvos de la parte anódica y catódica de las pilas de tipo AA estudiadas, mostraron la presencia de litio, zinc, carbono y manganeso (figura 8). Cabe aclarar que de las cuatro marcas analizadas, solo se presenta un difractograma debido a la gran similitud entre ellos. Los difractogramas obtenidos mostraron baja definición, lo que se le atribuye principalmente a la presencia de óxidos de manganeso, lo cual concuerda con lo reportado por Y. Díaz [4].

Con respecto a las baterías del tipo ion-Li, el difractograma mostrado en la figura 9, denota la presencia de litio y de otros metales tales como níquel y hierro, lo cual se ajusta a lo que reportan J. Nan et al [5]. Tanto el análisis por ICP como la caracterización por DR-X de las pilas tipo AA y de las baterías ion-Li no mostraron la presencia de elementos de tierras raras, las cuales se esperaba encontrar en concentraciones traza.

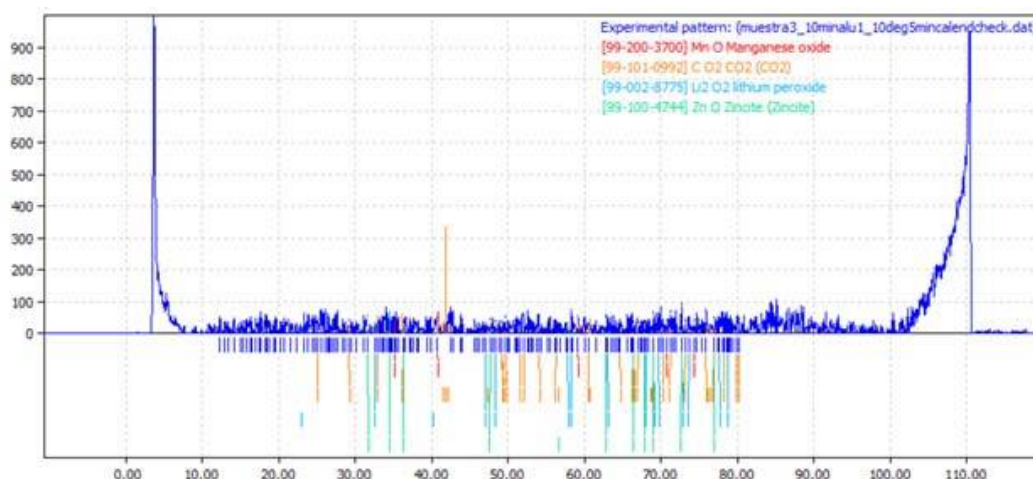


Figura 8. Difractograma de pila del tipo AA, se aprecia la composición de Zn, C, Mn y Li

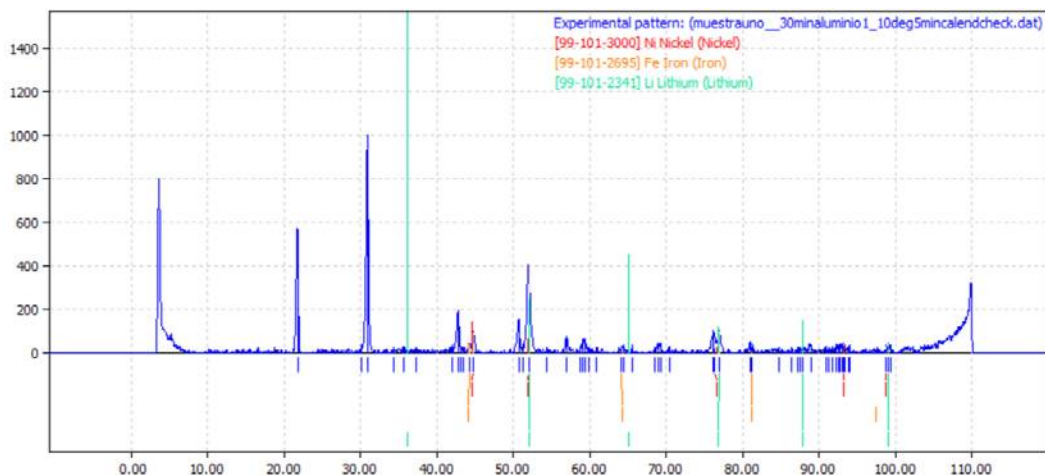


Figura 9. Difractograma de batería ion-Li

## CONCLUSIONES

En este trabajo fue posible analizar y caracterizar pilas del tipo AA y comparar sus elementos constitutivos con respecto a las baterías ion-Li. Los análisis por ICP mostraron la presencia de litio, en concentraciones menores a 1 ppm, en las pilas AA, y de níquel (0.93%), cobalto (0.0092%), manganeso (0.95%), hierro (21.41%) y litio (7.31%) para el caso de las baterías ion-Li. Para el caso de las pilas AA, la caracterización por DR-X permitió conocer que además de litio también se encontró zinc, carbono y manganeso. Para las baterías ion-Li mediante esta misma técnica, se observó además de litio, la presencia de hierro y níquel. En ninguna de las baterías estudiadas se encontró la presencia de elementos de tierras raras, lo que sugiere el estudio de otro tipo de batería, como por ejemplo las del tipo NiMH.

## BIBLIOGRAFÍA

1. A. Gavilán, et al., “Las pilas en México: un diagnóstico ambiental”, Instituto Nacional de Ecología, México, 2009, pp. 5-12.
2. M. Borges, L. E. Oliveira, “Hydrometallurgical separation of rare earth elements, cobalt and nickel from spent nickel–metal–hydride batteries”, *J. Pow Sour.*, Vol. 195, 2010, pp. 3735–3741.
3. A. Gómez, “Estudio de tierras raras en México”, Universidad Autónoma de México, México, 1990, pp. 4-12.
4. Y. Díaz, “Obtención y estudio estructural de óxidos de manganeso con diferentes contenidos de cationes”, Universidad de Castilla-La Mancha, España, 1997, pp. 5-7.
5. J. Nan, et al., “Recovery of metal values from spent lithium-ion batteries with chemical deposition and solvent extraction”, *J. Pow. Sour.*, Vol. 152, 2005, pp. 278–284.