

VALORACIÓN CIENTÍFICO-AMBIENTAL DE LA RECUPERACIÓN DE METALES A PARTIR DE BATERÍAS DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DESECHADOS EN MÉXICO

Restrepo Buitrago, Daniel Alexander (1), Gamiño Arroyo, Zeferino (2)

1 [Ingeniería Ambiental, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia] | Dirección de correo electrónico: [daniel.a.bures@gmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [gaminoz@ugtomx.onmicrosoft.com]

Resumen

En los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), se han realizado diversos estudios enfocados en la caracterización de metales como el litio (Li), cobalto (Co), cobre (Cu) y el níquel (Ni), entre otros elementos de interés científico, ecológico y económico que son dispuestos como residuos en sitios planificados, o desechados al entorno en forma espontánea y sin control. Se ha realizado una revisión bibliográfica que permita conocer del panorama actual, la recuperación de metales a partir de baterías de telefonía móvil, buscando sumarse a las acciones de importancia al México contemporáneo. La atención sobre las baterías de teléfonos celulares demanda acciones que movilicen a la sociedad a actualizar el marco legislativo, promover desde la política local y las garantías financieras, incentivar las iniciativas y programas ambientales actuales en el manejo integral de dichos residuos, propiciando condiciones loables para que las instituciones públicas, privadas y las comunidades, se encaminen hacia la conciencia-acción. Se necesitan medidas que disminuyan el grado de exposición a agentes que alteren desfavorablemente los ciclos naturales, además de lograr paulatinamente, incrementar en el tiempo la recuperación y el reingreso de dichos elementos a la economía circular local.

Abstract

In Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), several studies have been conducted focused on the characterization of metals such as lithium (Li), cobalt (Co), copper (Cu) and nickel (Ni), among other elements of scientific, ecological and economic interest that are disposed of as waste in planned sites or disposed of spontaneously and without control. A bibliographic review has been carried out to find out about the current situation, the recovery of metals from mobile phone batteries, seeking to join the actions of importance to contemporary Mexico. Attention to cell phone batteries demands actions that mobilize society to update the legislative framework, promote local policies and financial guarantees, incentivize current environmental initiatives and programs in the integral management of such waste, fostering praiseworthy conditions for that public institutions, private and communities, are directed towards the conscience-action. Measures are needed to reduce the degree of exposure to agents that unfavorably alter natural cycles, in addition to gradually increasing the recovery and re-entry of these elements into the local circular economy over time.

Palabras Clave

RAEE; Recuperación; Telefonía Móvil; Pilas y Baterías Secundarias; Ciclo de Vida

INTRODUCCIÓN

Con una población mundial de 7.400 millones de personas, el mundo tiene actualmente 7.700 millones de suscripciones a teléfonos móviles (celulares): es decir, hay más celulares que personas. Ocho de cada 10 personas tienen cobertura celular en el mundo. La caída de los precios de los productos electrónicos y eléctricos los han hecho más asequibles. Además, se ha establecido una cultura consumista que alienta al reemplazo de los aparatos cada poco tiempo. Tan solo 41 países cuantifican los residuos que se generan y reciclan oficialmente. El destino de la mayoría de los desechos (34 toneladas de más de 44) sigue siendo desconocido [1].

La información de la Asociación Mexicana de Pilas, A.C., indica que el consumo de pilas había pasado de 592 millones en 1996 a 609 millones en 2006. De hecho, esa tendencia creciente también es evidente al estimar el consumo per cápita de 1996 a 2007; en 1996 se estima un consumo por persona de 5.2 pilas/habitante, con un incremento a 7.0 pilas/habitante para 2002, y con un fuerte contraste de ambas cifras con las 12,6 pilas/habitante que se consumieron en 2007. Estos resultados son consistentes con el informe de la Gaceta Ecológica del 2004, que reportó un consumo de 10 pilas/habitante-año para la década de los noventa, valor entonces calculado incluyendo a las pilas del mercado informal y considerando que éste contribuía cerca del 49% del mercado total [2]. En la Tabla 1 se presentan los componentes de las pilas secundarias.

Tabla 1. Componentes principales en las pilas secundarias [3]

Tipo	Componentes principales
Ni-Cd	Cd 18%
	Ni 20%
	Hidróxido de potasio o de sodio
Ni-Mh	Ni 25%
	Hidróxido de potasio
Li-Ion	Óxido de litio-cobalto (Cátodo)
	Carbón altamente cristalizado (ánodo)
	Solvente orgánico

MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado fue el del enfoque precautorio. Etapas:

- ✓ Definir los objetivos del reporte y de la revisión bibliográfica (Plan de trabajo).
- ✓ Realizar la búsqueda de información.
 - Consulta de bases de datos y fuentes documentales indexados (antecedentes y panorama actual).
 - Establecimiento de la estrategia de búsqueda y aprendizaje (priorización por ámbitos, y observación en laboratorio; equipos, técnicas y tratamientos para la recuperación de metales, entre otros).
- ✓ Organización de la información.
- ✓ Redacción del reporte y del Artículo de Revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la revisión del estado del arte se ha constituido un “Artículo de Revisión” en donde se analizan y amplían conceptos, además de paradigmas trascendentales sobre los RAEE dentro del contexto mexicano. En el presente trabajo se sintetiza dicho artículo, en donde se destacan los siguientes ámbitos:

Ámbito Normativo y Legal

A partir del “*PROY-NMX-AA-104-SCFI, 2006*”, se establece las Especificaciones para la clasificación e identificación de pilas y baterías para el manejo ambientalmente adecuado de éstas, cuando sean desechadas y en la 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, debido a los problemas ocasionados a la salud y al ambiente. La Tabla 2 indica los criterios para medir el grado de peligrosidad de pilas y baterías.

Tabla 2. Criterios con los cuales se considera la peligrosidad de pilas y baterías en México.

Criterios
Estén en el Artículo 31 de la LGPGIR
Estén en los listados de la NOM-052 SEMARNAT-2005
Resulten peligrosas al aplicar los criterios de caracterización Corrosivos, Reactivos, Inflamable y Tóxicos (CRIT), de la NOM-052-SEMARNAT-2005

Las sustancias comprendidas en este trabajo, si bien están identificadas y clasificadas en la NOM-052-SEMARNAT-2005, esta no especifica cuales son las “Condiciones Particulares de Manejo”. Es decir, con respecto al manejo ambiental de los teléfonos celulares en México, estos están señalados en el listado de residuos de manejo especial sujetos a presentar “Plan de Manejo” por la NOM-161-SEMARNAT-2011 en el apartado VIII, a); pero no es eficiente, además, la determinación de las responsabilidades competentes es ambigua.

Ámbito Social

La problemática de los teléfonos celulares obsoletos o en desuso en México, es su rápido crecimiento. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para el año 2005 había en el país unos 38 millones de usuarios de telefonía celular, con una vida útil promedio de un año y tres meses, lo que implica una generación constante de residuos y unos 20 millones de baterías utilizadas en celulares que se han desechado de forma indebida por falta de programas de recolección y reciclado [4]. Se asume que en la actualidad la generación ha ido en aumento, y aun reconociendo que ha incrementado el acervo cultural de las sociedades sobre los impactos al medio ambiente, es requerida la implementación de campañas educativas permanentes y acorde con las dinámicas de las comunidades, el sector público y privado. La pedagogía cumple un rol significativo, puesto que la información y la divulgación por medio de actividades de educación ambiental han demostrado ser pertinentes. El gravamen de estas didácticas ha consistido en que sus resultados en la mayoría de los casos, se evidencian es en el largo plazo. De ahí que las campañas de sensibilización, recolección de los RAEE y su disposición entre otras actividades, son medidas necesarias que deberían ser reconocibles para que la sociedad conozca y sean partícipes de las soluciones; pudiendo incorporar la cultura ambiental desde su cotidianidad.

Ámbito Científico, Tecnológico, y Ecológico

En las **Tablas 3 y 4.**, se da evidencia de resultados logrados en laboratorio de los cuales es potencialmente posible recuperar elementos metálicos como el Li, Cu, Co y Ni.

Tabla 3. Recuperación de un lote de baterías celulares de distintas marcas [5]

Porcentaje en peso (%)	Composición
21 a 25	Cubierta externa de la batería
6 a 10	Papel
8 a 14	Cu
20 a 30	Al
51	Polvo fino (Co, Cu, Li, Al Ni)

Tabla 4. Composición de batería de Li-Ion estándar (batería recargable) [4]

Componentes	% en peso
Cobalto	23.67
Cobre	22.13
Aluminio	4.3
Litio	2.87
Níquel	0.26
No Metales	46.77

Destacando que algunos principales contaminantes generados como el manganeso, el cadmio, el níquel, el mercurio y el litio, existen en el medio ambiente ya sea de forma natural o por actividades industriales y agrícolas [6], y en concordancia a los resultados investigativos contemplados en el “Artículo de revisión” en donde se amplía el panorama, es factible resaltar las cantidades de estas sustancias que sobresalen, dadas su composición identificada en las baterías recargables usadas en la telefonía móvil. De lo anterior radica el criterio con el cual se seleccionaron como metales de interés el cobalto, el litio, el cobre y el níquel, además del hecho de que se haya podido estimar como porcentaje en peso, un valor del 51% en forma de “Polvo fino” con las mismas sustancias, en diferente grado de mezcla. Son importantes desde el punto de vista económico por su valor comercial, y ecológico por los impactos desfavorables si se considera que grandes cantidades que se dispongan sin planificar, pueden comprometer negativamente el bienestar en el entorno ecológico. Lo anterior, son algunas inferencias particulares que invita a que se siga investigando sobre los efectos en la naturaleza, y las tecnologías para su reciclaje, tratamiento o disposición final.

Ámbito Económico

En particular, ya es sabido que de las baterías secundarias de litio se extrae cobalto, y que el precio del cobalto es muy alto a los niveles actuales de cotización internacional [7] Esto implicaría para quienes comercializan baterías de litio en el país, (básicamente las empresas de telefonía celular) tendrían un alto recupero con la recolección de sus propias baterías de Ion-Litio [7]. Para que un proceso de reciclado resulte viable, deben cumplirse determinadas condiciones. La Tabla 5 presenta estas condiciones.

Tabla 5. Viabilidad en un proceso de reciclado [3]

Cantidad suficiente de productos usados.
Contienen una alta concentración de las sustancias a ser recicladas.
Existencia de un adecuado sistema de recolección con un alto grado de retorno.
Requerimientos energéticos justificables, bajo consumo de material adicional, y un proceso de reciclado que genere bajas emisiones.
Materiales secundarios reusables.
Los materiales recuperados tienen un valor comercial significativo.
Viabilidad en comparación con la producción de materiales primarios, a veces teniendo en cuenta la reducción parcial de costos de disposición.

En relación a los autores y trabajos consultados sobre el tema en estudio, se han sugerido varias respuestas de acción en donde se han identificado varios aspectos de relevancia, en donde indican que debería existir mayor rigor correctivo o adaptativo, y respaldo económico con acciones que encaminen a organizar y/o fortalecer el panorama global mexicano. Una primera premisa respecto a las P y B Secundarias, es que no es conveniente disponerlas con el resto de los residuos domiciliarios y que merecen tener un tratamiento diferenciado. Toda programación de una campaña de recolección y disposición final de P y B secundarias, debe partir de una planificación previa de todos los aspectos relacionados de lo que se denomina un “Plan de Gestión”. En la Tabla 6 se presentan cuáles son estos aspectos mínimos: [7]

Tabla 6. Aspectos mínimos para un Plan de Gestión de P y B [7]

Determinación del universo de P y B a recolectar.
Obligación de recolección: Sistemas y consecuencias
Alternativas de disposición final (Enterramiento y Reciclaje)
Puntos o lugares de recolección: Clasificación
Sistema de transporte y depósitos intermedios: Transporte hacia el lugar de tratamiento/depósito final
Sistemas de difusión y educación
Monitoreo del programa
Presentar información

CONCLUSIONES

Fomentar la investigación en química e ingeniería ambiental, recobra relevancia para lograr evaluar y manejar los niveles de los contaminantes generados por el uso de los RAEE, además de las P y B de los teléfonos móviles que se desechan diariamente. Es un reto inminente que demanda acciones conjuntas y particulares desde los diferentes territorios del globo terráqueo, integrando las dimensiones políticas, económicas, investigativas, ecológicas y culturales a las soluciones del problema, dado que al no ser posible alcanzar medidas de aseguramiento globales para contrarrestar la acumulación, la inadecuada disposición y tratamientos desde que es extraído como un recurso, usado y dispuesto (el ciclo de vida), estos contaminantes podrían ocasionar alteraciones significativas en los ciclos de la atmósfera, la biomasa y de los sistemas acuáticos. Esta clase de trabajos de revisión no persigue metas prácticas inmediatas, no obstante, tiene como fin incrementar el conocimiento sobre el tema de los RAEE a partir del enfoque que se le ha designado en este artículo, resaltando los principios básicos aquí descritos como punto de partida que puedan ser de utilidad, para complementar posteriores trabajos de mayor rigor en relación al tema.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, al Doctor Zeferino Gamiño Arroyo, a los colegas, y a la Universidad de Guanajuato por la gestión, calidez humana e incentivar la labor investigativa.

REFERENCIAS

- [1] ONU. (2017) ONU Noticias México; *Crecen los residuos electrónicos: qué hacer con los aparatos que ya no funcionan*. Consultado el 02 de julio.
- [2] Instituto Nacional de Ecología. (2009). *Las pilas en México: Un Diagnóstico ambiental*. SERMANAT, 4-23. Consultado el 09 de Julio de 2018 y recuperado de http://www2.inecc.gob.mx/descargas/sqre/pilas_diag_amb.pdf
- [3] Camacho, K. I. (2006) Importancia del Tratamiento de las Pilas Descartadas. *Conciencia Tecnológica*. Consultado el 02 de julio y Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403218>> ISSN 1405-5597
- [4] Almanza, D. Q. (2015). Valoración y recuperación de Cobalto a partir de baterías de teléfonos móviles. Tesis de grados, Universidad de Guanajuato, Guanajuato. Consultado el 02 de Julio de 2018.
- [5] Godínez, M. E. (2017). *Estudio de lixiviación para la recuperación de Cobalto, Litio, Cobre, Aluminio y Níquel de las baterías de teléfonos móviles*. Guanajuato, Guanajuato, México. Consultado el 02 de julio de 2018.
- [6] Gaceta Ecológica. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. Consultado el 02 de julio.
- [7] Strunz, M. E. (2009). Pilas: mitos y realidades. Consultado el 10 de Julio de 2018., pp. 109-166.