



Baterías Eléctricas: Funcionamiento y Aplicaciones

Cynthia Dayana Hernández Jiménez, Adrián A. Hernández Santiago, Miguel Ángel González Fuentes y Erika Méndez Albores

Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

erika.mendez@correo.buap.mx

Cite este artículo así:

APA: Hernández-Jiménez, C. Hernández-Santiago, A. González-Fuentes, M. Méndez-Albores, E. (2023). Baterías Eléctricas: Funcionamiento y Aplicaciones. *Quimiofilia*, 2, (2) 27-31.

ACS: Hernández-Jiménez, C.; Hernández-Santiago, A.; González-Fuentes, M.; Méndez-Albores, E. *Quimiofilia*, 2023, 2, 27-31.

DOI: <https://doi.org/10.56604/qfla2023222731>

Recibido: septiembre 28, 2023

Aceptado: noviembre 23, 2023

Publicado: noviembre 28, 2023

www.quimiofilia.com ISSN: 2683-2364 Registro IMPI: 2052060
QUIMIOFILIA Reserva de derechos al uso exclusivo 2022: 04-2019-062013201300-203.

Generalidades de una batería

La invención de las baterías se atribuye al italiano Alessandro Volta (Figura 1a¹), quien en 1800 construyó una batería usando una placa de cobre, una de zinc y una disolución salina (NaCl) (Figura 1b²) con el objetivo de demostrar que la corriente eléctrica no requería tejido animal como argumentaba Luigi Galvani (Figura 1c).^{3,4} Desde entonces, se han desarrollado baterías con diferentes materiales y reactivos químicos. Sin duda alguna, estos dispositivos han sido el eje fundamental para el avance de la tecnología que hoy en día conocemos. En la actualidad, los conceptos pila y batería se emplean de manera indistinta; sin embargo, en la literatura una pila es una celda electroquímica que consiste en dos electrodos y un electrolito y una batería está formada de una serie de 2 o más pilas.

Existen alrededor de 35 tipos de baterías comerciales y se calcula que hay aproximadamente 40,000 tipos de baterías si se considera

Resumen

Las baterías eléctricas son usadas en diversas aplicaciones como por ejemplo encender el televisor con el control remoto, en nuestros teléfonos móviles o computadoras portátiles para estar comunicados, hasta en los satélites que se envían al espacio. Prácticamente las baterías están en todos lados y han mejorado el estilo de vida del ser humano. En el área ambiental representan un gran desarrollo tecnológico para la preservación del ambiente, ya que las baterías podrían almacenar grandes cantidades de energía proveniente de fuentes renovables tales como la energía solar y la eólica, lo que permitiría lograr la descarbonización de la atmósfera, ya que la industria energética es la principal emisora de gases de efecto invernadero.

Palabras Clave: Baterías; almacenamiento de energía; funcionamiento de las baterías.

el tamaño y la forma.⁵ Es importante resaltar que no existe una batería universal para todas las aplicaciones debido a que cada aplicación tiene diferentes requerimientos de voltaje (V), capacidad de almacenamiento (Ah), potencia (W), entre otros.

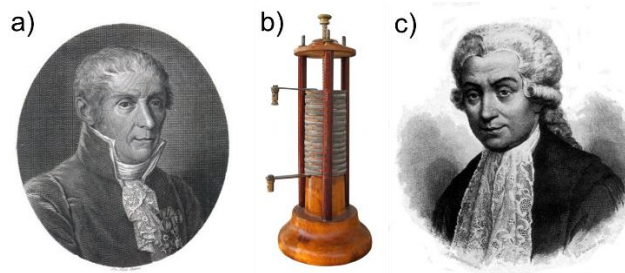


Figura 1: a) Alessandro Volta, b) Batería de Volta y c) Luigi Galvani.

1. Bettoni N. Portrait of Alessandro Volta. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/a4f1k> (Acceso 4, 09, 2023).

2. Wikipedia, Voltaic Pile. Disponible en línea URL: <https://n9.cl/33rdp> (Acceso 4, 09, 2023).

3. Scrosati, B. History of lithium batteries. *J. Solid. State Electrochem.* 2011, 15, 1623-1630. doi:10.1007/s10008-011-1386-8

4. Wikipedia, Luigi Galvani. Disponible en línea URL: <https://n9.cl/ex8kn> (Acceso 4, 08, 2023).

5. Panasonic Energy, History of batteries. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/rx003> (Acceso 4, 08, 2023).



Una batería es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química en energía eléctrica mediante reacciones de óxido-reducción. Las partes fundamentales para que se lleve a cabo la conversión de energía en las baterías son: electrodos (ánodo y cátodo), electrolito y una membrana que separa los electrodos. Estos elementos están presentes en todas las baterías indistintamente del tipo o tamaño. Sin embargo, las baterías cuentan con otros componentes físicos tales como el colector de energía y la carcasa. En la Figura 2 se muestra un esquema de los componentes principales en una batería comercial tipo AA comúnmente empleada en dispositivos electrónicos.⁶

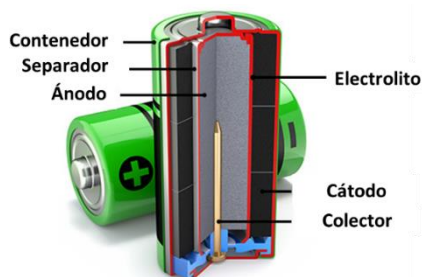


Figura 2: Componentes de una batería AA

Electrodo: es el material conductor donde se llevan a cabo las reacciones redox y pueden o no participar directamente en estos procesos; es decir, ser la especie activa que intercambia electrones o ser el sustrato donde la especie electroactiva transfiere electrones. Generalmente se ha empleado carbono, zinc, plomo, entre otros materiales. Sin embargo, es necesario conocer las reacciones químicas que se presentan sobre estos materiales que actúan como ánodos o cátodos.

En el cátodo se llevan a cabo las reacciones de reducción. En este proceso, una especie capaz de intercambiar electrones con el electrodo (especie electroactiva), que llamaremos aquí A^n (donde n es la carga que porta), gana un número x de electrones ($+xe^-$) y con esto disminuye su número de oxidación, por lo que se convierte en A^{n-x} (Ec. 1).



Por otra parte, en el ánodo se llevan a cabo las reacciones de oxidación, en la cual otra especie electroactiva, que llamaremos B^m , pierde un número x de electrones ($-xe^-$), lo que provoca un aumento en su número de oxidación y la convierte en B^{m+x} (Ec. 2).



Electrolito: es el medio que permite la conductividad iónica entre los electrodos y puede ser acuoso, fundido o una solución

sólida. Ejemplos de electrolitos empleados son el hidróxido de potasio, el ácido sulfúrico, entre otros.

Membrana: Llamada también separador; es una barrera física que evita el contacto entre los electrodos y mantiene un balance de las cargas. Puede ser un electrolito gelificado o una película de plástico microporoso u otro material inerte poroso relleno de electrolito.⁷

Tendencia del uso y tipo de baterías

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) reportó en 2020 los principales sectores que usan baterías presentados en la Figura 3. En este gráfico, se muestra que en 2013 la mayor parte de las baterías eran consumidas por dispositivos electrónicos con una demanda de 60 GWh aproximadamente, mientras que en los otros sectores la demanda de baterías era mucho menor. Sin embargo, a partir de 2017 los autos eléctricos se convirtieron en los principales consumidores debido a nuevos desarrollos y disminución del costo de estos dispositivos llegando a casi 100 GWh. Para el caso de las baterías usadas en almacenamiento estacionario hubo un incremento de 10 veces el valor de la demanda entre el 2013 y el 2019. La demanda de almacenamiento de energía considerando las baterías y otras tecnologías se aproxima a los 200 GWh y se pronostica que para el año 2040 se refleje mayormente para el almacenamiento estacionario de energía. En general, la tendencia del consumo de baterías va en aumento para todos los sectores, principalmente para los vehículos eléctricos con una demanda de 10,000 GWh.⁸

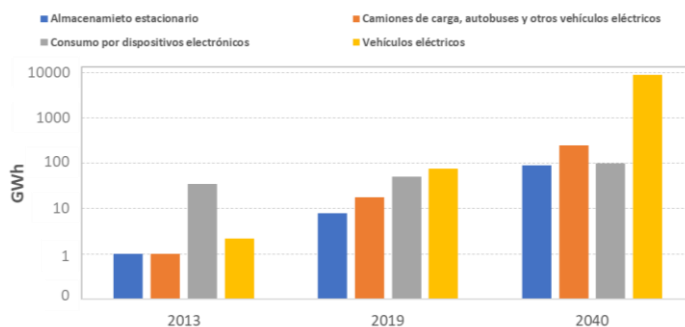


Figura 3. Demanda actual y futura de las baterías en diferentes sectores.^{8,10}

Por otro lado, las baterías indistintamente del sector en el que se empleen, se clasifican en 2 tipos principales como: primarias y secundarias. Las baterías primarias son aquellas que se utilizan hasta agotarse y después son desechadas; mientras que las secundarias, pueden ser recargadas y reutilizadas.⁹

Las baterías secundarias pueden recargarse debido a que las reacciones que tienen lugar son reversibles. Esta reversibilidad debe ser tanto química como electroquímica. La reversibilidad química se refiere a que la especie generada durante la descarga de

6. BatteriesPlus, Alkaline Battery Buying Guide. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/cjv10> (Acceso 7, 11, 2023).

7. Winter, M.; Brodd, R.J. What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? *Chem. Rev.* **2004**, *104*, 4245-4269. doi:10.1021/cr020730k

8. International Energy Agency (IEA), *Innovation in Batteries and Electricity Storage* 2020. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/by6s5> (Acceso 5, 11, 2023)

9. Boettcher, S.W.; Oener, S.Z.; Lonergan, M.C.; et al. Potentially Confusing: Potentials in Electrochemistry. *ACS Energy Lett.* **2021**, *6*, 261-266. doi:10.1021/acsenergylett.0c02443.



la batería es estable y puede convertirse de regreso a la especie original durante el cargado de dicha batería. Por otro lado, la reversibilidad electroquímica se refiere a la velocidad de la transferencia de electrones entre el electrodo y la especie electroactiva. Una reacción redox es reversible electroquímicamente si es lo suficientemente rápida.¹⁰⁹ Es importante resaltar que las baterías secundarias no tienen un ciclo de vida infinito debido a la degradación química que presentan algunos de sus componentes.

Con la finalidad de hacer una relación entre los tipos de baterías y su aplicación, a continuación, se hace una distinción entre las baterías que usamos en la vida diaria y las que se acoplan para almacenamiento en la red eléctrica.

Baterías usadas en la vida diaria

Los automóviles, los dispositivos electrónicos portátiles (celulares, tabletas, laptops), los juguetes eléctricos, entre otros dispositivos, usan baterías (Figura 3). En la Tabla 1 se describen los principales tipos de baterías empleados en la vida diaria, sus

componentes y las reacciones redox presentes en cada una de ellas; sin embargo, la lista es mucho más extensa.



Figura 4: Baterías usadas en la vida diaria y sus diversas aplicaciones. Elaboración propia con imágenes de uso libre tomadas de la página web Freepik

Tabla 1. Principales baterías usadas en la vida diaria: componentes y reacciones redox

TIPO	Batería	Aplicación	Ánodo	Cátodo	Electrolito	Reacciones redox
PRIMARIAS	Alcalinas ¹¹	Controles remotos, juguetes	Zinc metálico	Dióxido de manganeso y carbono	Hidróxido de potasio	Ánodo: $\text{Zn} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ Cátodo: $2 \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{MnOOH} + 2\text{OH}^-$
	Zinc y óxido de plata (1961) ¹²	Calculadoras y audífonos	Zinc	Óxido de plata	Alcalino que puede ser hidróxido de sodio o de potasio	Reacción global: $\text{Zn}_{(\text{s})} + \text{Ag}_2\text{O}_{(\text{s})} \rightarrow \text{ZnO}_{(\text{s})} + 2 \text{Ag}_{(\text{s})}$
	Plomo-ácido (1859) ¹³	Automóviles	Plomo metálico	Óxido de plomo	Ácido sulfúrico	Ánodo: $\text{Pb}_{(\text{s})} + \text{SO}_4^{2-} \text{aq} \rightarrow \text{PbSO}_4_{(\text{s})} + 2\text{e}^-$ Cátodo: $\text{PbO}_2_{(\text{s})} + \text{SO}_4^{2-} \text{aq} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4_{(\text{s})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
SECUNDARIAS	Ion-Li (1990/Sony) ¹⁴	Celulares, computadoras y autos eléctricos	Carbono	LiCoO ₂	Sales de litio disueltas en carbonatos orgánicos	Ánodo: $\text{LiC}_6 \rightleftharpoons \text{C}_6 + \text{Li}^+ + \text{e}^-$ Cátodo: $12 \text{Li}^+ + 12\text{e}^- + \text{Li}_{0.5}\text{CoO}_2 \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$
	Ni-Hidruro metálico (1986/ Stanford Ovshinsky) ¹⁵	Autos eléctricos	Hidruro metálico (principalmente LaNi ₅ H ₆₋₇)	Hidróxido de níquel	Hidróxido de potasio	Ánodo: $\text{MH} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{M} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$ Cátodo: $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$
	Metal-aire (Las más estudiadas son la acuosa de Zn-aire y la no acuosa de Li-aire) ¹⁶	Zn-aire aparatos médicos Li-aire es considerada para reemplazar las baterías de Ion-Li	Metal (hierro, aluminio, magnesio, litio, zinc)	Material poroso (principalmente de carbono)	Acuoso o no acuoso dependiendo de la naturaleza del ánodo	Electrolito acuoso: Ánodo: $\text{M} \rightarrow \text{M}^{n+} + \text{n e}^-$ Cátodo: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$ Electrolito no acuoso: Ánodo: $\text{M} \rightarrow \text{M}^{n+} + \text{n e}^-$ Cátodo: $\text{M}^+ + \text{O}_2 + \text{x e}^- \rightarrow 4 \text{M}_x\text{O}_2$ (x=1 o 2)

Nota: No se incluyen los materiales de membranas debido a que estás pueden variar en función de la compañía; sin embargo, de manera general las membranas empleadas son de intercambio iónico y pueden ser aniónicas o catiónicas.

10. Elgrishi, N.; Rountree, K.J.; McCarthy, B.D.; Rountree, E.S.; Eisenhart, T.T.; Dempsey, J.L. A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95*, 197-206. doi:10.1021/acs.jchemed.7b00361
11. Energizer, Battery chemistry. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/uc0u5> (Acceso 14, 08, 2023).
12. Cameron, D.S. Chemistry, Electrochemistry, and Electrochemical Applications | Silver. *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources* **2009**, 876-882. doi:10.1016/B978-0-44452745-5.00064-2
13. Chen, H.; Xu, Y.; Liu, C.; He, F.; Hu, S. Chapter 24 - Storing Energy in China-An Overview. *Storing Energy*. Elsevier, 2016. pp. 509-527. doi:10.1016/B978-0-12-803440-8.00024-5

14. Bini, M.; Capsoni, D.; Ferrari, S.; Quartarone, E.; Mustarelli, P. Rechargeable Lithium Batteries: Key Scientific and Technological Challenges. *Elsevier Ltd* **2015**, *4*. doi:10.1016/B978-1-78242-090-3.00001-8
15. El-Kharouf, A.; Kaya, M.F. Fuel-Cell (Hydrogen) Electric Hybrid Vehicles. Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. *Editorial Elsevier*, **2022**, 681-710. doi:10.1016/b978-0-323-90979-2.00033-0
16. Li, Y.; Lu, J. Metal - Air Batteries : Will They Be the Future Electrochemical Energy Storage Device of. *ACS Energy Lett.* **2017**, *2*, 1370-1377. doi:10.1021/acsenergylett.7b00119



Sistemas de baterías para la red eléctrica

Los sistemas de baterías siguen el mismo principio que las baterías usadas en la vida diaria; sin embargo, para esta aplicación se requiere una gran capacidad de almacenamiento. Para tener una idea más clara de la cantidad de energía que pueden almacenar estos sistemas, se puede tomar como ejemplo el sistema de baterías de flujo redox de vanadio más grande del mundo que se instaló en China en julio del 2022, la cual posee una capacidad de 400 MWh.¹⁷ Esta cantidad de energía podría proveer electricidad por un día a 84,000 viviendas en México que tienen un consumo promedio de 4.74 kWh.¹⁸



Figura 5. Fotografía del sistema de baterías de flujo redox más grande del mundo instalado en China en 2022.¹⁷

Tabla 2. Principales sistemas de baterías usadas en la red eléctrica: componentes y reacciones redox

Tipo	Batería	Aplicación	Ánodo	Cátodo	electrolito	Reacciones redox
SECUNDARIAS	Na-S (1960/Ford) ¹⁹	Red eléctrica	Sodio fundido	Azufre fundido	Tubo cerámico de beta-alúmina	Ánodo: $2\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^-$ Cátodo: $\text{xS} + 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{S}_\text{x}$ (x=5-3)
	Batería de flujo redox de vanadio ²⁰		Carbono	Carbono	(V ⁺² y V ⁺³ para el compartimento anódico y V ⁺⁴ y V ⁺⁵ para el catódico)	Ánodo: $\text{V}_2^+ \leftrightarrow \text{V}^{3+} + \text{e}^-$ Cátodo: $\text{VO}_2^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

Nota: no se incluyen los materiales de membranas debido a que estas pueden variar en función de la compañía; sin embargo, de manera general las membranas empleadas son de intercambio iónico y pueden ser aniónicas o catiónicas.

Perspectivas del uso de las baterías

La industria energética es la principal emisora de gases de efecto invernadero (CO₂) debido a que se emplean combustibles fósiles para la obtención de energía eléctrica. Actualmente se enfrenta una severa problemática ambiental, por lo que la Agencia Internacional de Energía proyecta llevar a cabo una transición energética global para el año 2050.²¹ Del mismo modo, la Asamblea General de la ONU en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible tiene como objetivo “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”.²² Si bien, las fuentes renovables pueden proveer la energía necesaria para satisfacer la creciente demanda, este tipo de energías son intermitentes y fluctúan con el tiempo. Para ello, las baterías representan la mejor alternativa de almacenamiento ya que pueden ser instaladas prácticamente en cualquier lugar y ser empleados a pequeña, mediana o gran escala debido a la flexibilidad para modular su capacidad de

almacenamiento a diferencia de otras formas de almacenamiento de energía como la hidráulica y la térmica.^{23, 24}

Por otro lado, el desarrollo de nuevas baterías de litio ha generado un cambio radical en el sector automotriz al permitir la creación de autos completamente eléctricos. La implementación de esta tecnología promete mitigar la contaminación ambiental provocada por los motores de combustión interna. En ese sentido, actualmente, existen alrededor de 26,000 millones de autos eléctricos e híbridos en el mundo y se espera que incremente a 350 millones para el 2030.²⁵

A pesar del gran impacto tecnológico, hay que señalar que todas las baterías tienen un ciclo de vida y se requiere hacer una correcta disposición de ellas con la finalidad de no contaminar al medio ambiente. Muchas de las baterías contienen cantidades considerables de metales pesados como manganeso, plomo, cadmio y litio que son altamente ecotóxicos.²⁶ Estos metales podrían contaminar el suelo y afectar el crecimiento de los cultivos, entrar en los

17. PV Magazine International, China connects world's largest redox flow battery system to grid. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/jpddf> (Acceso 19, 08, 2023)

18. Oropeza-perez, I.; Petzold-rodriguez, A.H. Analysis of the Energy Use in the Mexican Residential Sector by Using Two Approaches Regarding the Behavior of the Occupants. *Appl Sci.* **2018**, *8*, 2136. doi:10.3390/app8112136

19. Lu, X.; Xia, G.; Lemmon, J.P.; Yang, Z. Advanced materials for sodium-beta alumina batteries: Status, challenges and perspectives. *J Power Sources* **2010**, *195*, 2431-2442. doi:10.1016/j.jpowsour.2009.11.120

20. Skyllas-Kazacos, M.; Chakrabarti, M.H.; Hajimolana, S.A.; Mjalli, F.S. Progress in Flow Battery Research and Development. *J. Electrochem. Soc.* **2011**, *158*, 55-79. doi:10.1149/1.3599565

21. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2022*. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/79py5> (Acceso 28, 08, 2023).

22. Organización de las Naciones Unidas, Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/kj9m8b> (Acceso 1, 09, 2023)

23. Yang, Z.; Zhang, J.; Kintner-Meyer, M.C.W.; et al. Electrochemical energy storage for green grid. *Chem. Rev.* **2011**, *111*, 3577-3613. doi:10.1021/cr100290v

24. Dunn, B.; Kamath, H.; Tarascon, J. Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices. *Mater grid energy* **2011**, *334*, 928-936. doi:10.1126/science1212741

25. International Energy Agency, *Global EV Outlook 2023*. Disponible en línea: URL <https://n9.cl/ip4jn> (Acceso 1, 11, 2023).

26. Melchor-Martínez, E.M.; Macías-Garbutt, R.; Malacara-Becerra, A.; Iqbal, H.M.N.; Sosa-Hernández, J.E.; Parra-Saldívar, R. Environmental impact of emerging contaminants from battery waste: A mini review. *Case Stud. Chem. Environ. Eng.* **2021**, *3*, 100104. doi:10.1016/j.csee.2021.100104



cuerpos de agua poniendo en riesgo a los organismos acuáticos e incluso volatilizarse y contaminar el aire que respiramos.²⁷ Actualmente se están implementando dos alternativas para evitar la contaminación causada por las baterías. La primera alternativa es la recuperación y tratamientos de dichos metales por métodos físicos y químicos en baterías desechadas (aproximadamente el 50% de una batería es de naturaleza metálica). La segunda alternativa es la reutilización de varios materiales funcionales para su posterior uso como electrodos y catalizadores en otros sistemas electroquímicos.²⁸

Como usuarios de las baterías, es importante señalar que al elegir pilas recargables se reducirían numerosos residuos de pilas en todo el mundo; por ejemplo, 600 pilas primarias pueden sustituirse por sólo dos pilas secundarias AA de níquel-cadmio. Esto, representa un gran impacto positivo tanto económico como ambiental.²⁹

Conclusión

Todas las baterías proveen energía debido a las reacciones redox presentes en función de los reactivos que se empleen. Así mismo, la diversidad de baterías desarrolladas ha permitido su uso en diferentes aspectos de la vida diaria y se pronostica un aumento en su uso debido a la creciente demanda energética principalmente en el sector del almacenamiento estacionario y en vehículos eléctricos. Por otro lado, las baterías podrían ser el futuro para la descarbonización de la atmósfera al hacer más tangible el almacenamiento de energía de fuentes renovables y la sustitución de autos de combustión interna por autos eléctricos. Finalmente, es imperativo el uso responsable y la correcta disposición de las baterías por parte del usuario, así como, la aplicación de metodologías para la recuperación de materiales peligrosos para no dañar nuestros recursos naturales.

Esta publicación llega a ti gracias
a los amables donativos de:



EQUIPOS DE LABORATORIO

División Latinoamérica

www.buchi.com



Consultoría analítica, regulatoria
e industrial

<https://grupoidaii.com>



Dra. Berenice Rivera Ramirez

cardiólogo pediatra Ecocardiografista

draberenicerivera.com

27. Li, H.; Dai, J.; Wang, A.; Zhao, S.; Ye, H.; Zhang, J. Recycling and Treatment of Waste Batteries. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2019**, 612, 052020. [doi:10.1088/1757-899X/612/5/052020](https://doi.org/10.1088/1757-899X/612/5/052020)

28.. Liu, P. Recycling Waste Batteries: Recovery of Valuable Resources or Reutilization as Functional Materials. *ACS Sustain Chem. Eng.* **2018**, 6, 11176-11185. [doi:10.1021/acssuschemeng.8b03495](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b03495)

29. Kumar, R.V.; Sarakonsri, T. *Introduction to Electrochemical Cells*. **2010**. [doi:10.1002/9783527630011.ch1](https://doi.org/10.1002/9783527630011.ch1)