



## CADA CIUDAD UNA MINA, CADA HOGAR UNA VETA

*A medida que aumenta el uso de productos electrónicos y de vehículos eléctricos, también ha crecido la demanda de baterías y de las materias primas para elaborarlas.*

Gran parte de nuestro día a día depende de la energía almacenada en una batería recargable: desde los teléfonos celulares con que te comunicas con tus familiares, amigos y colegas pasando por los computadores portátiles en los que trabajas y las tabletas en las que ves películas, lees o juegas.

Las baterías que encontramos en estos dispositivos son conocidas como ion litio porque emplea como electrolito, una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica que tiene lugar entre el ánodo y el cátodo. Y este último tiene como una de sus materias primas principales al cobalto.

Más del 50% de la demanda mundial de este mineral está destinada a la fabricación de baterías y la Unión Europea y Estados Unidos lo han etiquetado como una materia prima clave. Y con las cifras proyectadas de producción de vehículos eléctricos, el cobalto será aún más necesario para cubrir las necesidades de dicha industria.

Pero la disponibilidad del cobalto es susceptible a distintos factores que hacen que su precio fluctúe considerablemente: alrededor del 90% de este elemento se da como un subproducto de la extracción de níquel y cobre, haciéndolo susceptible a las dinámicas de mercado de esos minerales.

Más de la mitad del cobalto viene de la República Democrática del Congo, cuya inestabilidad política y en las normativas alrededor de la explotación de sus recursos afectan la explotación minera en su territorio.

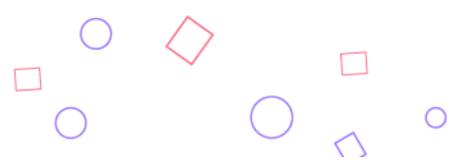
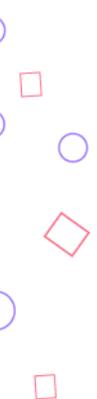
Además, un porcentaje importante de la extracción se hace en condiciones muy peligrosas para los trabajadores y con efectos nocivos para el medio ambiente. Y aún más perturbador, en muchos casos se usa mano de obra infantil, vulnerando sus derechos.

Por estas razones, se ha ejercido una presión sobre las distintas compañías que necesitan de este mineral para que certifiquen el origen del cobalto que usan, limitando las opciones de suministro y aumentando el precio. Por eso es tan importante la búsqueda de fuentes alternativas que sean social y ambientalmente responsables.

Con ese horizonte es que el grupo de investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales de la UN en Medellín ha venido trabajando en el área de la minería urbana como una fuente de materias primas para distintas industrias.

### **Aprovechamiento de residuos urbanos**

Cuando se habla de minería urbana se hace referencia al hecho de que una ciudad concentra una enorme cantidad de materiales básicos en la forma de distintos productos de consumo que al ser puestos fuera de servicio podrían reutilizarse como sucede con el vidrio, el papel o el cartón.





Para lograrlo se deben desarrollar procesos que faciliten su obtención en condiciones propicias y con un costo viable. “Desde hace varios años hemos venido trabajando en la recuperación y valorización de distintos residuos, entre las que se incluyen los componentes de las baterías ion litio” comenta Luz Marina Ocampo, líder del grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Materiales.

El ciclo de uso de los dispositivos electrónicos es cada vez más corto y la presencia de metales pesados y otras sustancias peligrosas en ellos pueden constituir un riesgo para la salud humana y el medio ambiente si no se gestiona adecuadamente su disposición.

Pero si existe la oportunidad de volver a usar los materiales con que se elaboraron estos artículos, en este caso el cobalto, no sólo se reduce la presión en la explotación de recursos y las dificultades en la cadena de suministro de este mineral, sino que se evita el riesgo de que en su disposición llegue a tener un impacto negativo.

¿Cómo lograrlo?

### ***Bacterias mineras***

Aunque ya hay procesos estandarizados de reciclaje de materiales de las baterías, estos demandan una alta cantidad de energía y sus eficiencias son bajas. El lograr la recuperación del cobalto de los cátodos de las baterías ion litio con unos requerimientos energéticos menores y unas eficiencias más altas fue el objetivo principal del trabajo de investigación de Natalia Estrada.

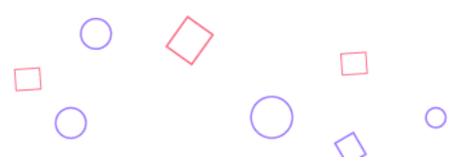
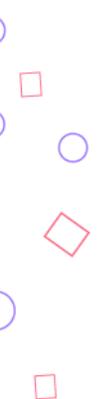
El camino que se exploró consiste en el uso de dos técnicas: biolixiviación y electro-obtención. Con la primera se disuelven metales en un medio acuoso a través de bacterias, lo que demanda poca inversión de capital, unos bajos costos de operación en comparación con otros métodos y una relativa ausencia de contaminantes ambientales durante el proceso.

Para el desarrollo de esta etapa se tuvo la asesoría y participación del grupo de Mineralogía Aplicada y Bioprocesos de la UN Medellín y el profesor Marco Márquez, que con sus investigaciones han identificado diferentes cepas de bacterias que podrían disolver minerales como el cobalto.

Lo primero que se hizo fue ir a uno de los centros de recolección de baterías y se seleccionaron alrededor de 80 unidades de una misma referencia para tener consistencia en la experimentación. Lo primero que se hace es descargarlas y desmantelarlas para su lixiviación/disolución.

“Uno remueve la carcasa metálica y queda una envoltura grande de material catódico y anódico; el cátodo es un papel de cobre que está recubierto por ambos lados con óxido de litio-cobalto” explica la ingeniera Estrada. Este se tritura en una licuadora industrial y se identificó que el 9.74% del peso del cátodo era cobalto.

Este material triturado es el que se somete a la biolixiviación. Se activan las distintas bacterias a analizar, poniéndolas en un medio nutritivo para ellas, subiendo la temperatura y agitándolas para que ingrese oxígeno y empiecen a ‘trabajar’. Es decir, generen ácido sulfúrico.





Inicialmente se intentó que el proceso de biolixiviación ocurriera al mismo tiempo que se generaba el ácido sulfúrico, pero de este modo las bacterias no lograron sobrevivir. “Por eso decidí generar el ácido primero, remover de él material que no sea necesario y luego utilizarlo para lixiviar el material” señala Estrada.

Dicha remoción busca eliminar el exceso de azufre, ya que a la mezcla se le añade sulfatos para lograr un ácido sulfúrico con una concentración más alta que permita una lixiviación del material más rápida. Con ese ácido concentrado es que se disolvió el material catódico, en forma triturada y también sin triturar para verificar si ese proceso de transformación física tenía un efecto en los resultados.

“Me lixivió casi todo el cobalto que tenía en el material: un 97% en el material sin triturar y un 98.5% en el triturado” explica Natalia Estrada. El paso siguiente en la investigación era lograr que ese cobalto disuelto se depositara y pasara nuevamente a un estado sólido.

Aquí entra la electro-obtención. Se hace una celda electrolítica en la solución en la que está disuelto el material con un ánodo de plomo y un cátodo de acero inoxidable para que, al aplicar una corriente eléctrica, éste último atraiga el cobalto y se deposite en él.

A temperatura ambiente “consigues que se deposite con una eficiencia de la corriente del 91%. Pero después de una hora baja al 39%” comenta Estrada. Por tal motivo realizó la electro-obtención a 60 grados Celsius ya que encontró reportes de que una mayor temperatura aumenta la eficiencia de la corriente y la calidad de la depositación del material.

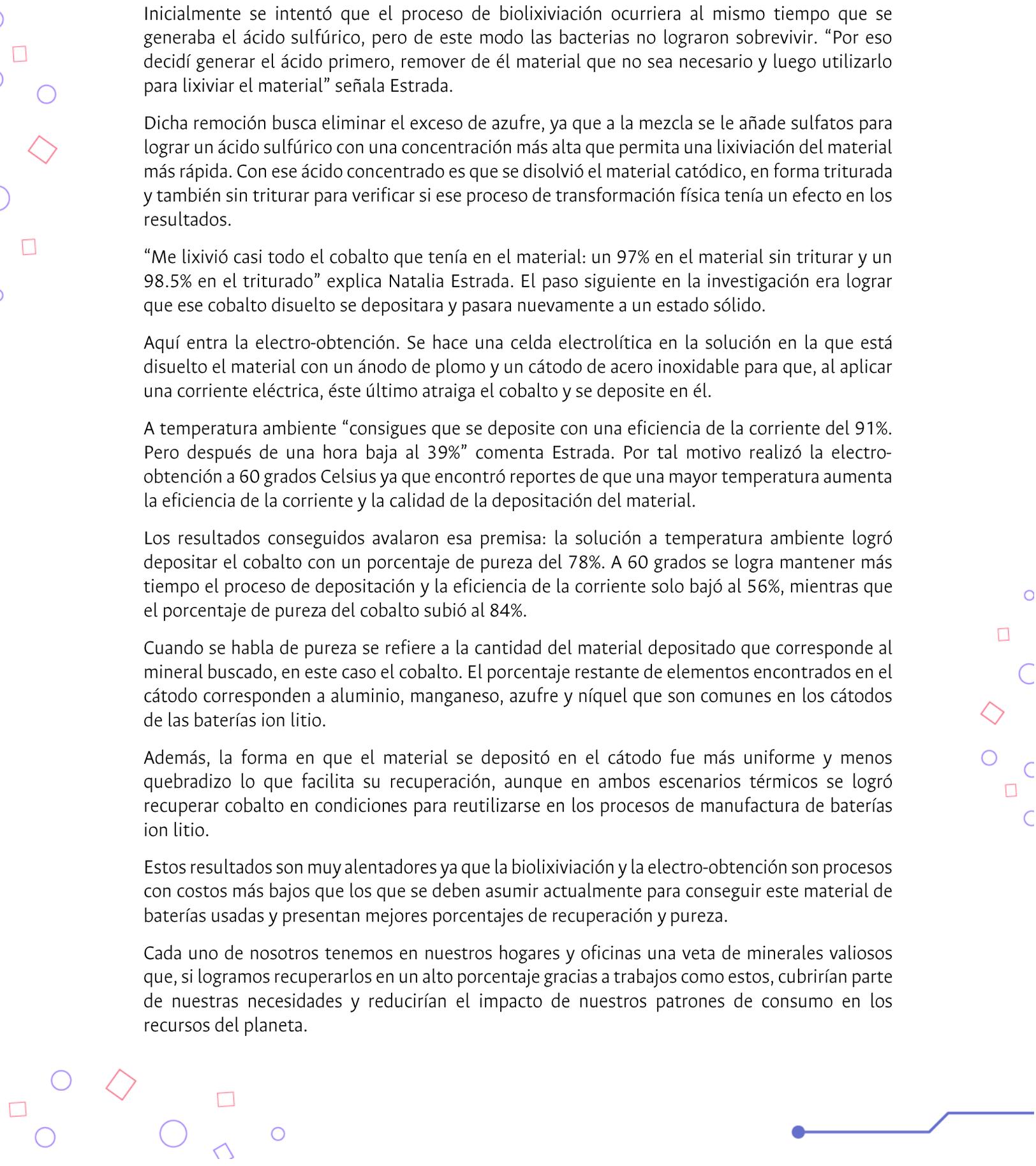
Los resultados conseguidos avalaron esa premisa: la solución a temperatura ambiente logró depositar el cobalto con un porcentaje de pureza del 78%. A 60 grados se logra mantener más tiempo el proceso de depositación y la eficiencia de la corriente solo bajó al 56%, mientras que el porcentaje de pureza del cobalto subió al 84%.

Cuando se habla de pureza se refiere a la cantidad del material depositado que corresponde al mineral buscado, en este caso el cobalto. El porcentaje restante de elementos encontrados en el cátodo corresponden a aluminio, manganeso, azufre y níquel que son comunes en los cátodos de las baterías ion litio.

Además, la forma en que el material se depositó en el cátodo fue más uniforme y menos quebradizo lo que facilita su recuperación, aunque en ambos escenarios térmicos se logró recuperar cobalto en condiciones para reutilizarse en los procesos de manufactura de baterías ion litio.

Estos resultados son muy alentadores ya que la biolixiviación y la electro-obtención son procesos con costos más bajos que los que se deben asumir actualmente para conseguir este material de baterías usadas y presentan mejores porcentajes de recuperación y pureza.

Cada uno de nosotros tenemos en nuestros hogares y oficinas una veta de minerales valiosos que, si logramos recuperarlos en un alto porcentaje gracias a trabajos como estos, cubrirían parte de nuestras necesidades y reducirían el impacto de nuestros patrones de consumo en los recursos del planeta.





El grupo de investigación ha venido trabajando para aprovechar residuos no solo de las ciudades sino de distintos sectores como el industrial y el minero para construir un futuro en que nuestras sociedades sean más sostenibles.

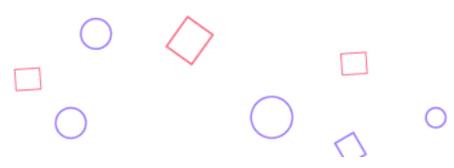
Convertir nuestras ciudades en minas puede ser una de las mejores estrategias para reducir el impacto de la minería, todo gracias a proyectos como este.

*Palabras claves: ciencia y tecnología de materiales; dispositivos electrónicos; baterías ion litio; cobalto; níquel; cobre; minería urbana; bacterias; biolixiviación; electro obtención;*

(Tomadas de la tesis *Recuperación de cobalto a partir del reciclaje de baterías ion-litio mediante el uso de biolixiviación y electroobtención* de la investigadora Natalia Estrada Ramírez. – a menos que se indique fuente diferente)

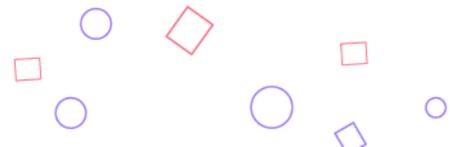


*Muestra de cobalto.*





*Mina en la República Democrática del Congo (Tomada del sitio web [tecnologia.libredeconflicto.org](http://tecnologia.libredeconflicto.org)).*





*Licadora industrial de 500W utilizada para triturar el material catódico de las pilas usadas.*

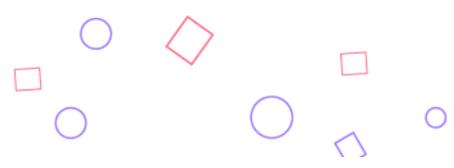


0 horas.



24 horas

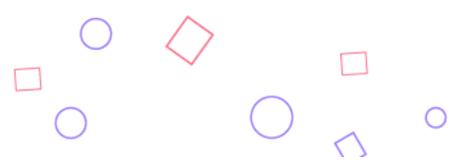
*Descarga de celdas de baterías en solución de NaCl Cloruro de Sodio) 5% p/v.*





*Desmantelamiento batería ion-litio Samsung referencia 11CP6/57/61.*

- (1) Batería completa, (2) batería sin el autoadhesivo negro, se ve el contenedor metálico que protege la estructura de la batería, (3) batería sin la protección metálica, es la estructura de la batería unida por un recubrimiento plástico, (4) recubrimiento plástico, (5) ánodo, (6) separador de ánodo y cátodo, (7) cátodo.





Material catódico triturado.

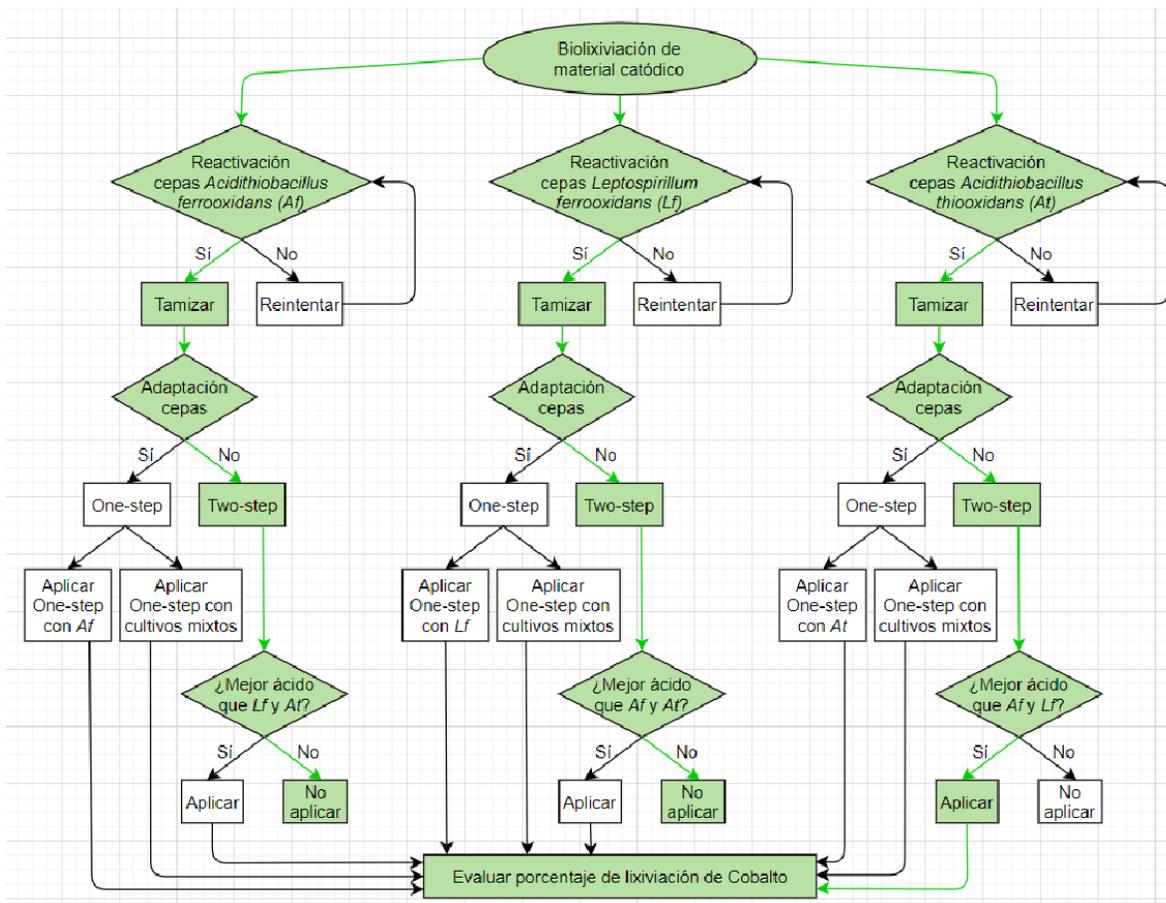
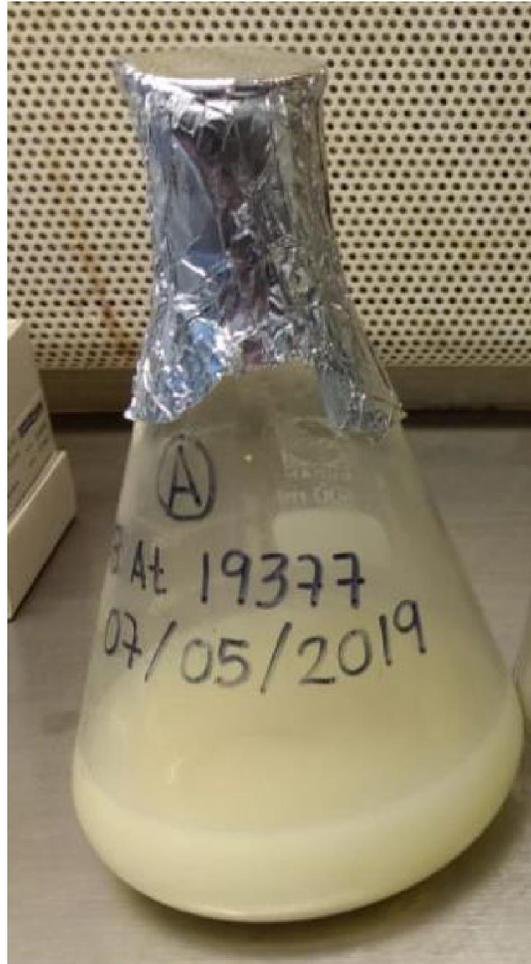
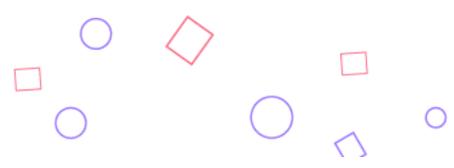


Diagrama de flujo biorexivación de cobalto a partir de material catódico.

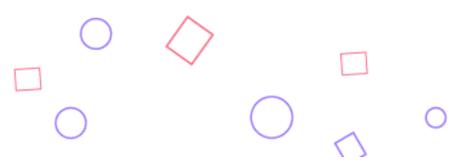


Ácido biogénico producido en 21 días.



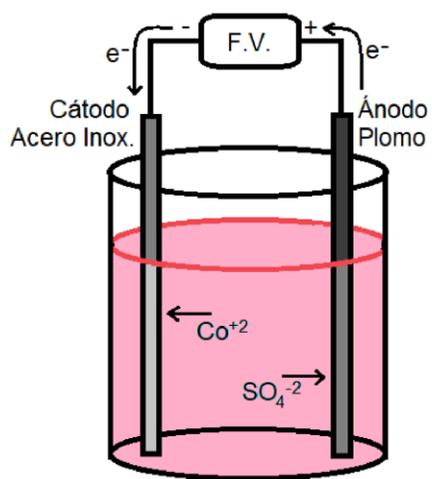


*Ácido biogénico con Material Catódico Intacto y Triturado en el día 0.*

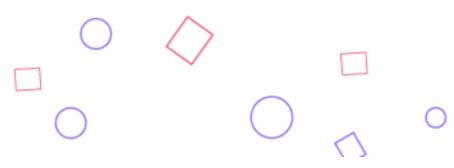


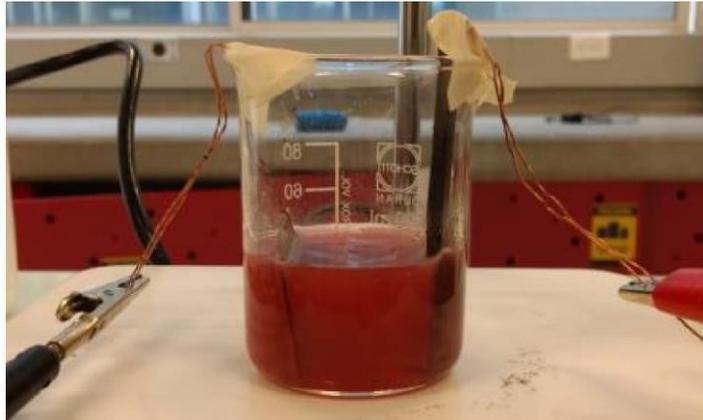


*Solución madre de cobalto filtrada.*

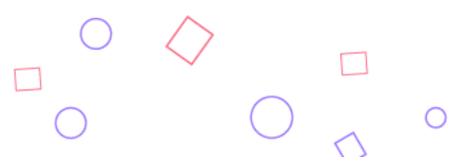
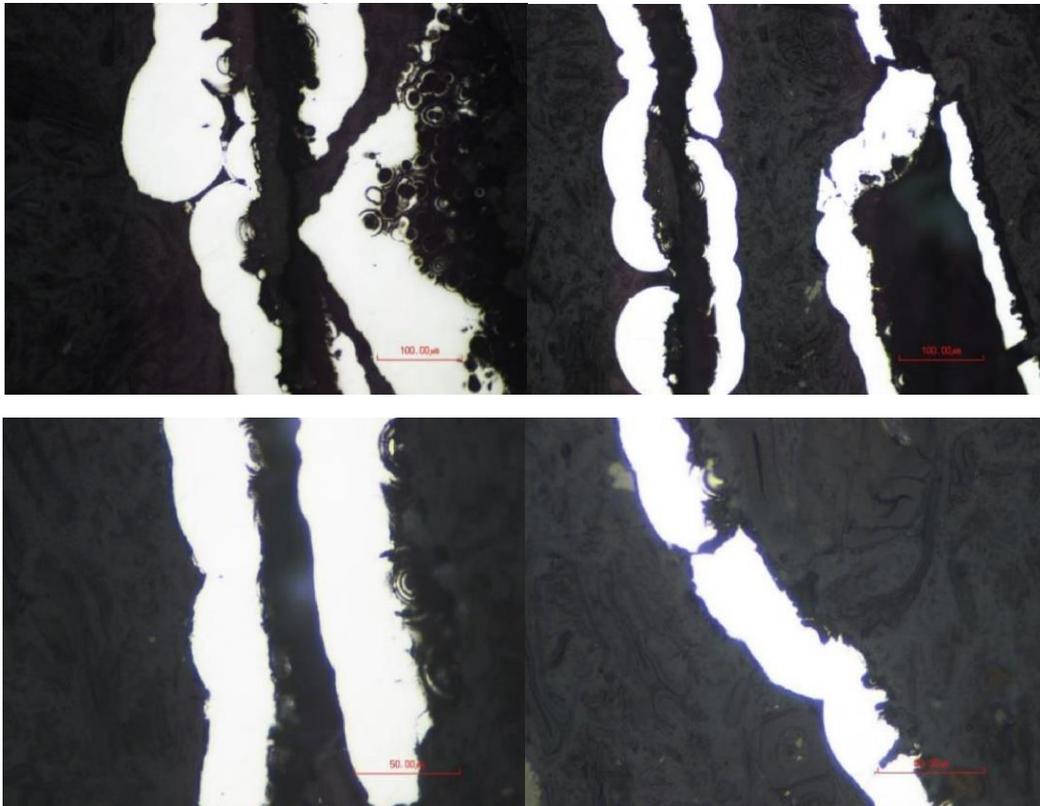


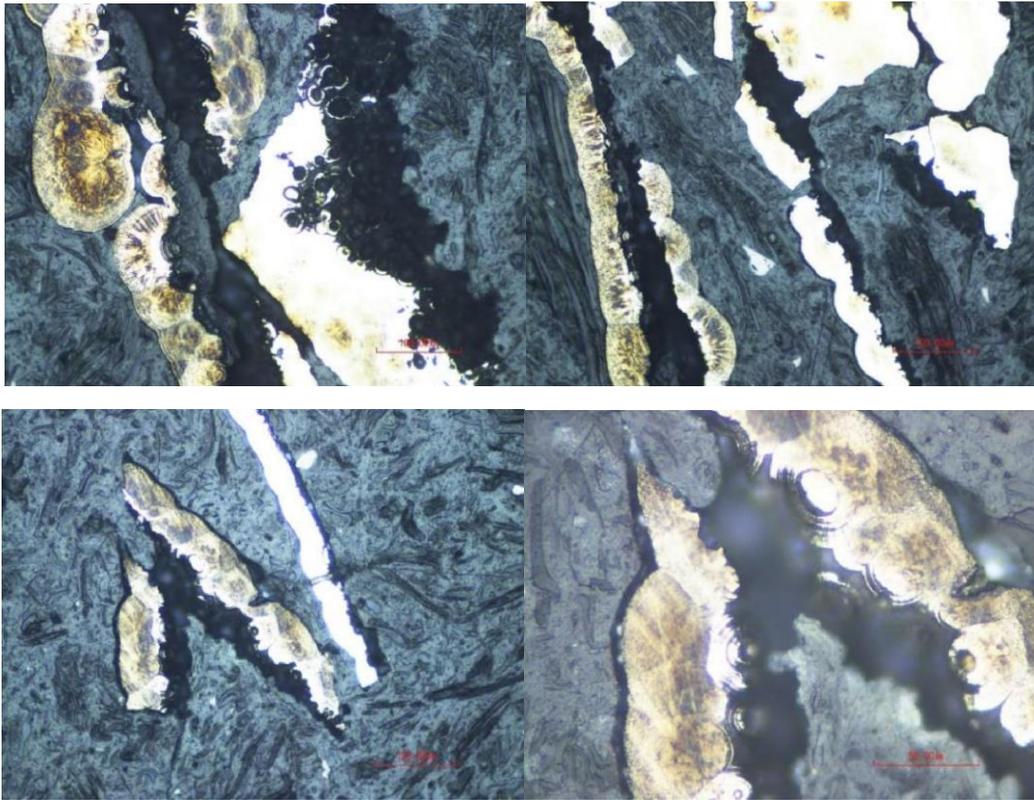
*Configuración de la celda para la electroobtención de cobalto.*





*Electroobtención de Cobalto a temperatura ambiente.*





*Depósito generado a 60°C bajo el microscopio.*

