

## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2019

### Desarrollaron la batería más poderosa del mundo.

*El Premio Nobel de Química 2019 se otorga a John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino por sus contribuciones al desarrollo de la batería de iones de litio. Esta batería recargable sentó las bases de la electrónica inalámbrica: teléfonos móviles y ordenadores portátiles. También hace posible un mundo libre de combustibles fósiles, ya que se utiliza para todo, desde alimentar automóviles eléctricos hasta almacenar energía de fuentes renovables.*

Un elemento químico rara vez desempeña un papel central, pero la historia del Premio Nobel de Química de 2019 tiene un claro protagonista: el litio, un elemento que se creó durante los primeros minutos del Big Bang. El litio se conoce desde 1817, cuando los químicos suecos Johan August Arfwedson y Jöns Jacob Berzelius lo purificaron de una muestra mineral recogida en una mina de Utö, una pequeña isla en el archipiélago de Estocolmo.

Berzelius dio nombre al nuevo elemento derivándolo de la palabra griega “litos” (piedra). A pesar de su nombre, es el elemento sólido más ligero, lo cual es una buena noticia para todos los que usamos teléfonos móviles.

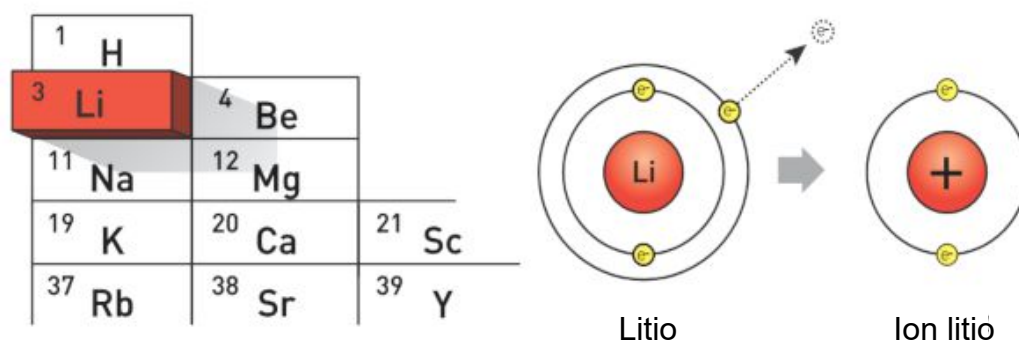


Figura 1

El litio es un metal. Tiene un único electrón que puede cederse fácilmente a otros átomos. Cuando esto ocurre se transforma en un ion positivo más estable.

Siendo rigurosos los químicos suecos no encontraron litio metálico puro, sino iones litio en forma de sal. El litio puro es un elemento muy reactivo que debe almacenarse en aceite para evitar que reaccione con el aire.

La debilidad del litio, su reactividad, es también su fortaleza. A principios de la década de 1970, **Stanley Whittingham** utilizó la enorme facilidad con la que el litio pierde su electrón para desarrollar la primera batería de litio. En 1980, **John Goodenough** duplicó el potencial de la batería, creando las condiciones adecuadas para una batería mucho más potente y útil. En 1985, **Akira Yoshino** logró eliminar el litio puro de la batería, utilizando únicamente iones de litio, más seguros que el litio puro.

Esto hizo posible la batería de litio. Las baterías de iones litio han aportado grandes beneficios a la humanidad, ya que han permitido el desarrollo de ordenadores portátiles, teléfonos móviles, vehículos eléctricos y el almacenamiento de la energía generada por la energía solar y eólica.

Retrocederemos cincuenta años en el tiempo, hasta el comienzo de la historia de la batería de iones litio.

### El humo de la gasolina revitaliza la investigación sobre baterías

A mediados del siglo XX, el número de automóviles a gasolina aumentó significativamente y los gases de sus motores empeoraron el dañino smog en las grandes ciudades. Esto unido a la evidencia de que el petróleo es un recurso finito, activó las alarmas, tanto en los fabricantes de vehículos como en las compañías petroleras. Necesitaban invertir en vehículos eléctricos y fuentes alternativas de energía para que sus negocios sobrevivieran.

Los vehículos eléctricos y las fuentes alternativas de energía requieren baterías potentes capaces de almacenar grandes cantidades de energía. En este momento solo había dos tipos de baterías recargables en el mercado: la pesada batería de plomo, que se había inventado en 1859 (y que todavía se usa como batería de arranque en automóviles de gasolina), y la batería de níquel-cadmio que se desarrolló en la primera mitad del siglo XX.

## Las petroleras invierten en nuevas tecnologías

La amenaza del agotamiento del petróleo motivó que un gigante petrolero, Exxon, se decidiera a diversificar sus actividades. Haciendo una importante inversión en investigación básica, reclutaron a algunos de los investigadores más importantes en el campo de la energía y les dieron prácticamente una libertad total con la única condición de que no involucraran al petróleo en sus investigaciones.

**Stanley Whittingham** fue uno de los que se mudaron a Exxon en 1972. Venía de la Universidad de Stanford, donde había investigado materiales sólidos con espacios del tamaño de un átomo en los que se pueden intercalar iones cargados. Las propiedades de los materiales cambian cuando los iones se intercalan en su interior. En Exxon, Stanley Whittingham y sus colegas comenzaron a investigar materiales superconductores, como el disulfuro de tántalo, que puede intercalar iones. Agregaron iones al disulfuro de tántalo y estudiaron cómo afectaba a su conductividad.

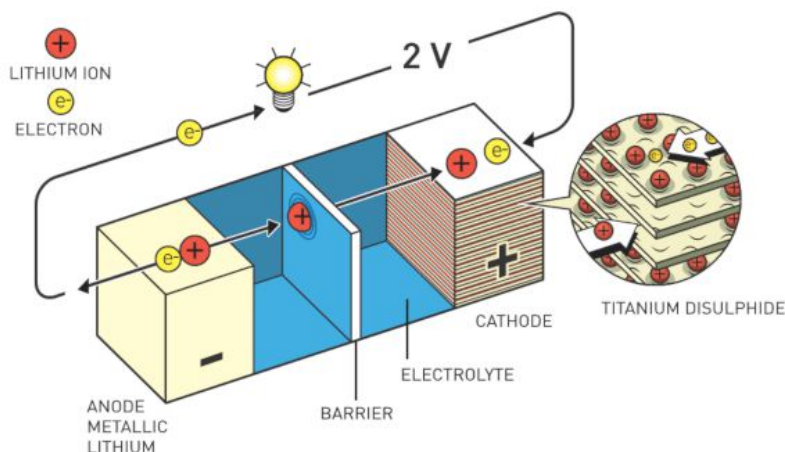
## Whittingham descubre un material con una gran densidad de energía

Como a menudo sucede en ciencia, este experimento condujo a un descubrimiento inesperado y valioso. Resultó que los iones de potasio afectaban la conductividad del disulfuro de tántalo. Estudios más detallados mostraron que proporcionaba una densidad de energía muy alta. Las interacciones entre los iones de potasio y el disulfuro de tántalo eran sorprendentemente ricas en energía y cuando se midió el voltaje del material, obtuvieron un par de voltios, mejor que el proporcionado por muchas de las baterías de esa época. Stanley Whittingham se dio cuenta de que era hora de cambiar de rumbo, avanzando hacia el desarrollo de nuevas tecnologías que pudieran almacenar energía para los vehículos eléctricos del futuro. Sin embargo, el tántalo es un elemento pesado y el mercado no demandaba baterías pesadas, por lo que cambió el tántalo por titanio, un elemento que tiene propiedades similares pero mucho más liviano.

## Litio en el electrodo negativo

¿No se supone que el litio ocupa un lugar de honor en esta historia? Bueno, aquí es donde el litio entra en la historia, como el electrodo negativo de la innovadora batería de Stanley Whittingham. El litio no fue una elección al azar. En una batería los electrones deben fluir desde el electrodo negativo, el ánodo, al positivo, el cátodo. Por lo tanto, el ánodo debe contener un material que ceda fácilmente sus electrones y, de todos los elementos, el litio es el que libera electrones con mayor facilidad.

El resultado fue una batería de litio recargable que funcionaba a temperatura ambiente y - literalmente- tenía un gran potencial. Stanley Whittingham viajó a la sede de Exxon en Nueva York para hablar sobre el proyecto. La reunión duró aproximadamente quince minutos, y el grupo de gestión tomó una rápida decisión: desarrollarían una batería comercialmente viable utilizando el descubrimiento de Whittingham.

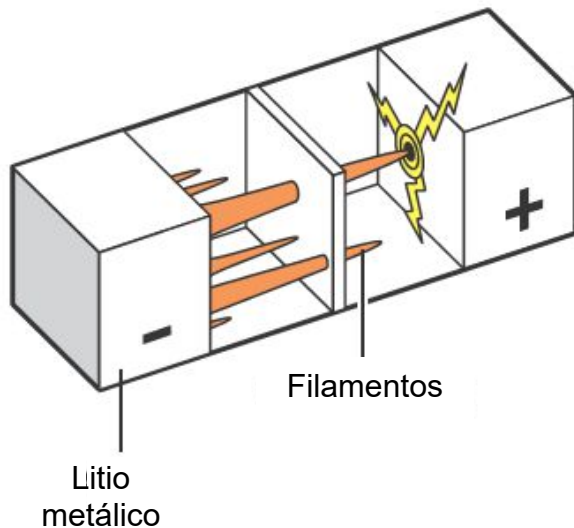


Las primeras baterías recargables constaban de electrodos sólidos que se deterioraban al reaccionar con el electrolito volviéndolas inservibles. La ventaja de la batería de litio era que los iones litio se almacenaban en los huecos del disulfuro de titanio en el cátodo. Cuando la batería se descarga, los iones de litio fluyen desde el ánodo al disulfuro de titanio en el cátodo. Cuando se carga, los iones de litio fluyen en sentido contrario.

## La batería explota y el precio del petróleo cae

Desafortunadamente surgieron algunos contratiempos. A medida que la batería se recargaba repetidamente, en el electrodo de litio crecían finos hilos que cuando alcanzaban el otro electrodo producían cortocircuitos que podían provocar una explosión. Los bomberos tuvieron que intervenir varias veces y terminaron amenazando a los laboratorios con hacerles pagar los productos químicos especiales utilizados para sofocar los incendios producidos por el litio

Para hacer la batería más segura se añadió aluminio al electrodo de litio metálico y se cambió el electrolito.. Stanley Whittingham anunció su descubrimiento en 1976 y la batería comenzó a fabricarse a pequeña escala para un relojero suizo que quería usarla en unos nuevos relojes



Los hilos de litio se forman cuando se carga una batería con litio puro en el ánodo. Estos pueden cortocircuitar la batería produciendo chispas e incluso explosiones.

El siguiente objetivo era escalar la batería de litio recargable para poder alimentar un automóvil, pero el precio del petróleo cayó espectacularmente a principios de la década de 1980 y Exxon necesitaba hacer recortes. El desarrollo se suspendió y la tecnología de baterías de Whittingham se licenció a tres compañías diferentes en tres partes diferentes del mundo. Sin embargo esto no significaba que el desarrollo se detuviera. Cuando Exxon se rindió, John Goodenough se hizo cargo.

## La crisis del petróleo hace que Goodenough se interese por las baterías

Cuando era niño, John Goodenough tuvo problemas importantes para aprender a leer, lo que fue una de las razones por las que se sintió atraído por las matemáticas y, finalmente - después de la Segunda Guerra Mundial -, también por la física. Trabajó durante muchos años en el Laboratorio Lincoln en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, MIT. Mientras estuvo allí, contribuyó al desarrollo de la memoria de acceso aleatorio (RAM), que sigue siendo un componente fundamental de los ordenadores.

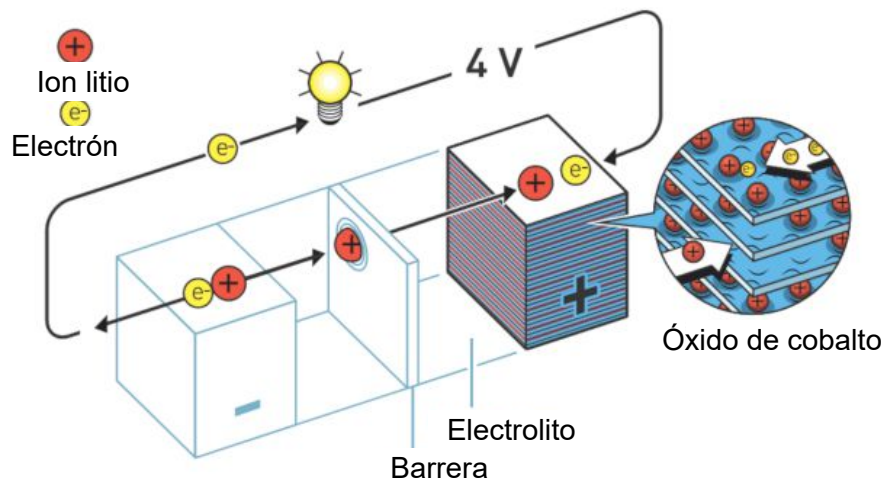
John Goodenough, como tantas otras personas en la década de 1970, se vio afectado por la crisis del petróleo y quería contribuir al desarrollo de fuentes alternativas de energía. Sin embargo, el Laboratorio Lincoln estaba financiado por la Fuerza Aérea de los EE. UU y no permitía cualquier tipo de investigación, por lo que cuando se le ofreció un puesto como profesor de química inorgánica en la Universidad de Oxford, en Gran Bretaña, aprovechó la oportunidad y entró en el mundo de la investigación dedicada a la energía.

## Los iones de litio introducidos en el óxido de cobalto producen elevados voltajes

John Goodenough conocía la revolucionaria batería de Whittingham, pero su conocimiento del mundo atómico le decía que podrían obtenerse mayores potenciales si el cátodo se construyera utilizando un óxido en lugar de un sulfuro. Algunas personas de su grupo de investigación se encargaron de encontrar un óxido de metal que produjera un alto voltaje al intercalar iones de litio, pero que no colapsara cuando se eliminaran los iones.

La búsqueda fue más exitosa de lo que John Goodenough se habría atrevido a esperar. La batería de Whittingham generó más de dos voltios, pero Goodenough descubrió que la batería con óxido de litio-cobalto en el cátodo era casi el doble de potente, daba cuatro voltios. En 1980, publicó el descubrimiento de este nue-

vo material de cátodo de alta densidad energética que, a pesar de su bajo peso, dio como resultado baterías potentes de alta capacidad. Este fue un paso decisivo hacia la revolución inalámbrica.



Goodenough comenzó a usar óxido de cobalto en el cátodo de la batería de litio. Esto casi duplicó el potencial de la batería y la hizo mucho más potente.

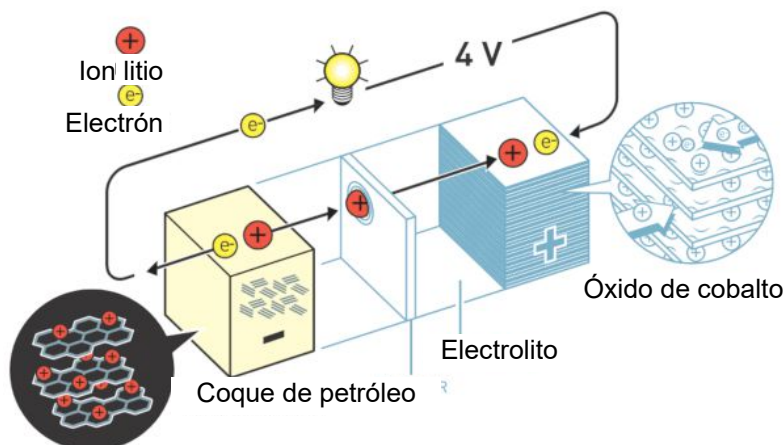
### Las compañías japonesas quieren baterías ligeras para la nueva era

En Occidente, a medida que el petróleo se volvió más barato, el interés en las inversiones para desarrollar tecnología relacionada con las energías alternativas y los vehículos eléctricos, decreció. En Japón, sin embargo, las cosas eran diferentes: Las compañías de electrónica ansiaban desarrollar baterías ligeras y recargables que pudieran alimentar dispositivos electrónicos portátiles como cámaras de video, teléfonos inalámbricos y ordenadores. Una persona que vio esta necesidad fue **Akira Yoshino** de la Corporación Asahi Kasei. En sus propias palabras: “Simplemente intuía la dirección en que se movían las tendencias. Se podría decir que tuve buen olfato”.

### Yoshino construye la primera batería de iones de litio comercialmente viable

Cuando Akira Yoshino decidió desarrollar una batería recargable se utilizaba el óxido de litio-cobalto de Goodenough como cátodo y él probó varios materiales a base de carbono como ánodo. Los investigadores habían demostrado previamente que los iones litio podrían intercalarse entre las capas moleculares del grafito, pero el electrolito de la batería descompuso el grafito. El momento eureka de Akira Yoshino llegó cuando intentó usar coque de petróleo, un subproducto de la industria petrolera. Cuando cargó el coque de petróleo con electrones, los iones litio se introdujeron en el material. Luego, cuando encendió la batería, los electrones y los iones de litio fluyeron hacia el óxido de cobalto en el cátodo, que tiene un potencial mucho mayor.

La batería desarrollada por Akira Yoshino es estable, liviana, tiene una gran capacidad y produce cuatro voltios. La mayor ventaja de la batería de iones litio (Li-ion) es que los iones están ocluidos en los electrodos. La mayoría de las otras baterías se basan en reacciones químicas en las que los electrodos terminan deteriorándose y deben ser cambiados. Cuando se carga o usa una batería de iones de litio, los iones fluyen entre los electrodos sin reaccionar con su entorno. Esto significa que la batería tiene una larga vida útil y puede cargarse cientos de veces antes de que se deteriore.



Akira Yoshino desarrolló la primera batería de Li-ion comercialmente viable. Utilizó el óxido de litio-cobalto de Goodenough en el cátodo, y en el ánodo utilizó un material de carbono, coque de petróleo, en el que se introducen iones litio. El funcionamiento de la batería no se basa en reacciones químicas. Los iones litio fluyen entre los electrodos, lo que le da a la batería una larga vida útil.

Otra gran ventaja es que la batería no tiene litio puro. En 1986, cuando Akira Yoshino estaba comprobando la seguridad de la batería, por precaución, utilizó una instalación diseñada para probar dispositivos explosivos. Dejó caer un trozo de hierro sobre la batería y no pasó nada. Sin embargo al repetir el experimento con una batería que contenía litio puro hubo una explosión violenta.

Pasar las pruebas de seguridad fue fundamental para el futuro de la batería. Akira Yoshino dice que este fue el momento en que nació la batería de iones litio.

## **Las baterías de Li-ion son necesarias para lograr una sociedad sin combustibles fósiles**

En 1991, una importante empresa japonesa de electrónica comenzó a vender las primeras baterías Li-ion, lo que llevó a una revolución en la electrónica. Los teléfonos móviles se hicieron más pequeños, los ordenadores se volvieron portátiles y se desarrollaron reproductores de MP3 y tabletas.

Posteriormente los investigadores de todo el mundo han rebuscado en la tabla periódica con el fin de lograr baterías aún mejores, pero nadie ha logrado inventar algo que supere la alta capacidad y el voltaje de la batería de Li-ion. Sin embargo, la batería de Li-ion se ha cambiado y mejorado; entre otras cosas, John Goodenough ha reemplazado el óxido de cobalto por fosfato de hierro, lo que hace que la batería sea más ecológica.

Como es natural la producción de baterías Li-ion tiene un impacto en el medio ambiente, pero también tiene enormes beneficios ambientales. Ha permitido el desarrollo de tecnologías de energía más limpia y vehículos eléctricos, contribuyendo así a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas.

A través de su trabajo, **John Goodenough, Stanley Whittingham y Akira Yoshino** han creado las condiciones adecuadas para una sociedad inalámbrica y libre de combustibles fósiles, un gran beneficio para la humanidad.

### **LECTURAS ADICIONALES**

Información adicional sobre los premios de este año, está disponible en el sitio web de la Real Academia de Ciencias de Suecia, [www.kva.se](http://www.kva.se), y en [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org), donde puede ver videos de las conferencias de prensa, las conferencias Nobel y más. La información sobre exposiciones y actividades relacionadas con los Premios Nobel y el Premio de Ciencias Económicas está disponible en [www.nobelprizemuseum.se](http://www.nobelprizemuseum.se)

## **La Real Academia Sueca de Ciencias ha decidido conceder el Premio Nobel de Química 2019 a:**

<b>JOHN B. GOODENOUGH</b>	<b>M. STANLEY HITTINGHAM</b>	<b>AKIRA YOSHINO</b>
Born 1922 in Jena, Germany. Ph.D. 1952 from the University of Chicago, USA. Virginia H. Cockrell Chair in Engineering at The University of Texas at Austin, USA	Born 1941 in the UK. Ph.D. 1968 from Oxford University, UK. Distinguished Professor at Binghamton University, State University of New York, USA.	Born 1948 in Suita, Japan. Ph.D. 2005 from Osaka University, Japan. Honorary Fellow at Asahi Kasei Corporation, Tokyo, Japan and Professor at Meiji University, Nagoya, Japan.

“por el desarrollo de las baterías de ion litio”