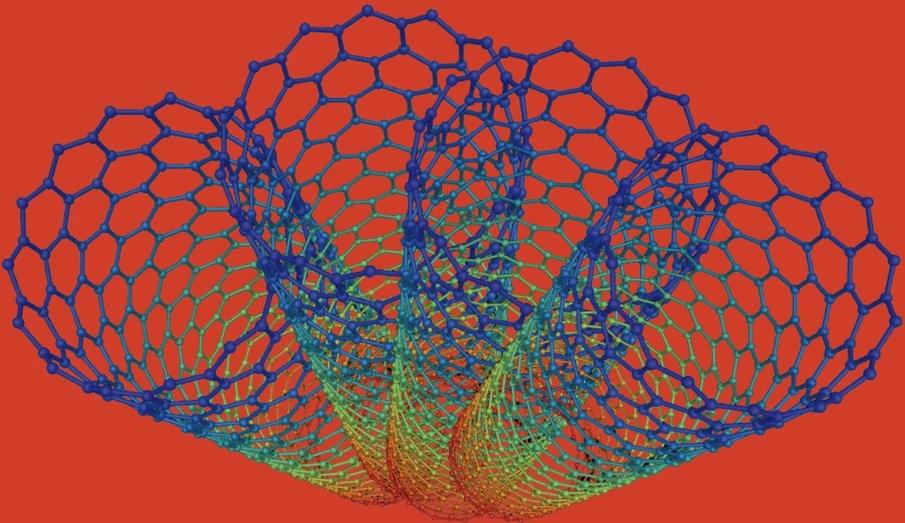

Dos siglos de electroquímica

Gabriel Poveda Ramos





Dos Siglos de Electroquímica (1800-2000)

Gabriel Poveda Ramos

*Ingeniero Químico, Ingeniero Electricista,
M.Sc. en Matemáticas
Doctor en Ingeniería*





La serie *Memoria de Ingenieros* tiene el propósito de recuperar, preservar y divulgar escritos de investigadores matemáticos que, desde ámbitos distintos, contribuyeron al desarrollo nacional. La Colección honra esa presencia, ojalá imperecedera.

Colección Memoria de Ingenieros
Fondo Editorial ITM

DOS SIGLOS DE ELECTROQUÍMICA
(1800-2000)

© Gabriel Poveda Ramos

1a. Edición: Noviembre de 2010
© Instituto Tecnológico Metropolitano

ISBN: 978-958-8351-88-9
Hechos todos los depositos legales

Rectora (E)
GABRIELA CADAVID ALZATE

Comité editorial
OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PhD
JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PhD
LILIANA SAIDON, PhD
MONSERRAT VALLVERDÚ, PhD
GIANNI PEZZOTI, PhD
JUAN GUILLERMO RIVERA BERRÍO, PhD
EDILSON DELGADO TREJOS, PhD
PAULA BOTERO BERMÚDEZ, MGC
MARLENY ARISTIZÁBAL PÉREZ, MGC
VIVIANA DÍAZ DÍAZ

Diseño de imagen de la Colección
Leonardo SÁNCHEZ PEREA

Corrección de textos
LORENZA CORREA RESTREPO

Diagramación y montaje
L. Vieco e Hijas Ltda.

Impreso y hecho en Medellín, Colombia

Instituto Tecnológico Metropolitano
Calle 73 No. 76A 354
Tel.: (574) 440 5197
Fax: 440 5101
www.itm.edu.co
Medellín - Colombia

"El genio es 5 partes de inspiración y 95 partes de transpiración"

Thomas Alva Edison

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
LA ANTIGÜEDAD.....	13
GALVANI Y VOLTA	15
LOS PRIMEROS PASOS.....	21
ELECTRODINÁMICA Y ELECTROQUÍMICA	33
NUEVAS PILAS ELECTROQUÍMICAS	43
AVANCES TEÓRICOS E INDUSTRIALES	51
LOS DECENIOS FINALES DEL SIGLO XIX	55
ALGUNOS INVENTORES DE PILAS PRIMARIAS	59
LA ELECTROQUÍMICA ENTRA EN LA FÍSICO-QUÍMICA	61
ENTRE ALEMANIA Y ESTADOS UNIDOS.....	69
COMIENZOS DEL SIGLO XX.....	91
ENTRE DOS GUERRAS MUNDIALES.....	103
UN BUEN LIBRO DE ELECTROQUÍMICA	115
LOS AÑOS DE LA II GUERRA EUROPEA	119
LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX.....	123
FAMOSOS CIENTÍFICOS ELECTROQUÍMICOS	131
BIBLIOGRAFÍA	137

INTRODUCCIÓN

La Electroquímica es una ciencia que cumplió 200 años en el 2000. Se acepta generalmente que nació en 1800 con la presentación al público de Europa de la pila de Volta. Pero hoy sabemos que como técnica empírica ya la conocían los babilonios. Hoy la Humanidad la usa en mil formas y en todas partes. Las pilas electroquímicas dan energía a linternas, radioreceptores portátiles, aparatos electrónicos, instrumentos de medición, calculadoras manuales, relojes de pulsera y muchos otros implementos de uso cotidiano. En la industria los fenómenos electroquímicos trabajan en el plasma del arco eléctrico de los hornos eléctricos, en las celdas electroquímicas que producen metales, en las que electrolizan sales disueltas y fundidas y en mil formas adicionales. En la Electroquímica han nacido nociones y palabras como “ion”, “electrólito”, “cátodo” que son de uso general y permanente en otras ciencias como la Bioquímica, la Electrónica y la Física Molecular. En la medida en que cada átomo del Universo está formado por cargas elementales, unas negativas (los electrones) y otras positivas (los protones), la Electroquímica incluye toda la Física del Atomo, así como el estudio de las propiedades químicas de los átomos, tales como su número atómico, su valencia, sus formas alotrópicas, su estructura cristalina, su estado físico, etc.

Sin embargo, aunque existe hoy una literatura abundante sobre la historia de la Química y sobre la historia de la Electricidad, casi nada se ha escrito sobre la hija de las dos grandes ciencias mencionadas, es decir,

sobre la Electroquímica en cuanto a su historia, que se ha desarrollado en los laboratorios y en la industria. Con este breve libro se quiere llenar en parte este vacío, al menos en el medio de Colombia; y consignar un breve recuento histórico de los descubrimientos y de los hombres que han construido este importante y útil saber.

Este documento presenta la historia de la Electroquímica como ciencia y como tecnología, al menos en primera aproximación. Es el resultado de una extensa búsqueda documental. Y se escribe con el doble propósito de satisfacer la curiosidad de los aficionados a estudiar esta área del saber, y de provocar el deseo de estudiarla entre quienes no la conocen.

LA ANTIGÜEDAD

A juzgar por lo que dice el eminente físico George Gamow, ya en una muy remota antigüedad se hacían y se usaban pilas eléctricas, de las que hoy llamamos pilas primarias. En efecto, en su conocido libro “The Birth and Death of the Sun”¹, Gamow cuenta que en la localidad iraquesa de Khujut-Rabua, unas excavaciones hechas durante los años treinta del siglo XX, no lejos de la ciudad de Bagdad, descubrieron un “tipo de vasija muy extraña”, en medio de otras piezas que “probablemente pertenecen al primer siglo antes de Cristo”. En el libro “Ancient Inventions”² sus autores (Ver bibliografía) explican que se trata de una pieza que se encuentra hoy en el Museo de Iraq, en Bagdad, y que consiste en un pequeño y sencillo vaso de cerámica cuya apariencia muy elemental disimula lo que hoy se cree que es el descubrimiento más sorprendente de la arqueología científica en muchos decenios. El objeto estuvo oculto por dos mil años y a todas luces fué el envase de una pila eléctrica. Fué hallado en 1936 en una tumba del período llamado de los Partos, en Mesopotamia, y se ha establecido que data alrededor del año 230 a. J. durante lo que se denomina el período helenístico de los Seleúcidas en Mesopotamia. Fué en los años sesentas del siglo XX cuando el físico Walter Winton, del Museo Británico de Londres, viajó a Bagdad y reconoció en esta pequeña vasija los elementos de una pila de corriente.

1 Gamow, 1952, p. 148

2 James and Thorpe, 1994, p. 29

El recipiente es aproximadamente cilíndrico y tiene en su interior otro vaso más angosto, vertical y coaxial con el primero, de cobre. En la cavidad cilíndrica de cobre va una varilla de hierro, vertical, en el eje que es común a la vasija de arcilla y al cilindro de cobre. El hierro no toca el cobre, y tanto el primero como el segundo están suspendidos de un tapón de asfalto que cierra la boca del vaso y también sostiene las dos piezas de metal, pero manteniéndolas mutuamente aisladas. Si se llena el recipiente de cobre con vinagre (que contiene ácido acético), se coloca en posición la varilla de hierro y se cierra todo con el tapón de asfalto aislante, de éste sobresalen el borde cilíndrico del cobre y el extremo superior del hierro y éstos dos se constituyen en el polo positivo y el polo negativo de una pila de corriente. James y Thorpe informan que varios otros vasos como éste han sido descubiertos en las ruinas de la ciudad de Ctesifon, cercana a Bagdad, de la época del imperio de los Partos. Sometidas a prueba con vinagre como electrólito, estas pilas producen fuerza electromotriz de medio voltio y duran hasta dieciocho días en servicio continuo. Los arqueólogos y los físicos que las han estudiado consideran que estas pilas bien pudieron ser usadas en su lejano tiempo para encharpar con oro algunas piezas de metal ordinario como el bronce y el latón.

Si estos vasos fueron los recipientes de pilas eléctricas, como todo lo sugiere, su conocimiento fué exclusivo de las Partos y, de todas maneras, no llegó a los griegos de la época clásica ni de la época helenística porque ningún documento de esas culturas menciona nada parecido, como tampoco lo mencionan los romanos, ni los árabes, ni los bizantinos. En realidad, habrían de transcurrir veinte siglos, desde ca. 230 a. J. hasta fines del siglo XVIII sin que nadie en la humanidad entera, tuviera idea alguna sobre pilas eléctricas ni sobre electrólisis de oro ni de ningún metal. Tampoco en la inmensa China, tan fecunda en inventos, se ha encontrado, hasta hoy, ningún documento o artefacto que dé ni remota idea teórica a empírica de lo que hoy llamamos Electroquímica. Porque fué solo a fines del siglo XVIII cuando Galvani hizo su famoso descubrimiento sobre los efectos neuromusculares de la electricidad en las patas de una rana.

GALVANI Y VOLTA

Luigi Galvani (1737-1798)³ nació y murió en Bolonia. En la Universidad de esa ciudad estudió medicina. Luego se dedicó a estudiar la anatomía de animales y sus funcionamiento; y para estudiar el funcionamiento de los músculos de la rana usó una máquina electrostática de las varias que ya existían en su tiempo. En 1786 observó que al tocar un nervio de una pata de rana con las dos hojas de una tijera durante una tormenta eléctrica, los músculos se contraían repentinamente. Lo mismo ocurría cuando tocaba con un escalpelo, mientras funcionaba una máquina eléctrica, el nervio lumbar del animal desollado. También obtenía estremecimientos musculares, sin tormenta, aplicando su escalpelo a la médula espinal de una rana y colgándola en un gancho en una baranda de hierro. Dedujo así que un arco de dos metales que unan nervios y músculos produce un efecto igual al que producen los rayos o las chispas eléctricas de la máquina. Comenzó a pensar en la idea, medio correcta y medio errónea de que sus observaciones denotaban la existencia de una “electricidad animal”.

Galvani demoró el anuncio de sus descubrimientos hasta 1791, cuando publicó su artículo “De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius” (Comentarios sobre el Efecto de la Electricidad en el Movimiento Muscular). El creía que esta era una clase de electricidad nueva, distinta de la “natural” de los rayos y de los gimnotos y anguilas, y

3 www.britannica.galvani

distinta de la “artificial” que se produce por fricción en las máquinas eléctricas, y la llamó “electricidad animal”. Consideraba que el cerebro “segrega” este “fluido eléctrico” y que los nervios lo conducen al músculo cuyos tejidos actúan como si fueran las dos placas de una botella de Leyden, la cual, al descargarse accionaba las fibras del músculo. La mayoría de los científicos que conocieron los hechos, aceptaron la explicación de Galvani.

Pero Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (conde de) Volta (1745-1827), profesor de Física en la Universidad de Pavía, cercana a Bolonia, pensó de otro modo. Pensó que las patas de la rana servían solo como un electroscopio indicador y que la verdadera fuente del estímulo era el contacto entre metales diferentes, los cuales generaban así esta “electricidad metálica”; y sostuvo que el músculo, al contraerse al contacto con los metales, actuaba como un electroscopio. Además dijo que si dos metales distintos, estando mutuamente en contacto, tocaban ambos un músculo, éste se agitaría; y agregó que la agitación sería más fuerte cuanto más diferentes fueran los dos metales. Volta rechazaba así la idea de un “fluido eléctrico animal”. Siguió una polémica intensa pero respetuosa entre los dos hombres de ciencia. Científicos muy importantes adhirieron a cada uno de los dos lados. Alexander von Humboldt apoyó a Galvani y Charles Agustin de Coulomb apoyó a Volta. Este último defendió su posición en un libro anónimo que apareció en 1794 con el título “Dell’ uso e dell’attività dell’arco conduttore nella contrazione dei muscoli” (Sobre el uso y la actividad del arco conductor en la contracción de los músculos). En los años siguientes Volta hizo muchos experimentos. En uno de ellos puso un alambre de cobre y otro de plata sobre su lengua, separados, y notó que al poner en contacto los otros dos extremos de los alambres sentía un fuerte escozor en la lengua. Era la primera pila eléctrica que aparecía en Occidente.

Galvani murió en 1798, a los 61 años sin saber que había abierto una gran puerta al enorme mundo de las corrientes eléctricas y que había creado una nueva ciencia que hoy llamamos electrofisiología.

Uno de los numerosos descubrimientos que hizo Volta en su trabajo sobre este tema fué en 1796, cuando observó que tocando una pieza de cartón empapada en salmuera con una moneda de cobre, por un lado, y tocando simultáneamente la misma pieza con otra moneda de hierro, por el otro lado, ocurría que al unir con un conductor las dos monedas se producía una corriente eléctrica que fluía de la una a la otra pieza de metal. Como hecho general y muy importante advirtió que cuando quiera que introducía dos trozos de metales distintos en un líquido que reaccione con ellos, entre los dos metales resultaba una fuerza electromotriz, y que si se unían exteriormente mediante un alambre conductor, fluía por éste una corriente eléctrica. Era el principio general de las pilas voltaicas que han existido desde entonces. Ensayando varios metales y varios líquidos llegó a construir en 1799 un apilamiento de discos circulares ordenados en la sucesión zinc-cuero húmedo acidulado-cobre-zinc-cuero... El extremo inferior del apilamiento era de zinc y el superior era de cobre. El primero era el extremo negativo y el de cobre era el extremo positivo de lo que Volta llamó su “pila eléctrica”. Uniendo los dos extremos de su pila, Volta obtuvo una corriente eléctrica estable, por primera vez en la historia de Occidente. Poniendo muchos sandwiches de zinc-cuero ácido-cobre, obtenía corrientes más fuertes y chispas más largas. Nació así la pila eléctrica práctica y útil. Al año siguiente, en 1800, Volta publicó su prodigioso invento y en todos los laboratorios y cátedras de física y de química de Europa hubo una conmoción. Se comprobó que ésta era la misma electricidad que generaban las máquinas electrostáticas, porque producía los mismos efectos musculares, luminosos y de otros tipos. A su curiosa pila la llamó Volta “una corona de copas”, y observando sus efectos, introdujo el concepto de “intensidad de corriente”. Por primera vez en la historia se disponía de una fuente permanente de corrientes eléctricas, que, además, era muy sencilla de construir y de operar. Este fué un paso trascendental en la historia de la Electroquímica y, más aún, de toda la ciencia de la Electricidad. Volta se apresuró a comunicar su invento en carta que dirigió a Sir Joseph Banks (1743-1820), presidente de la Royal Society en Londres.

Lo que Galvani y Volta demostraron fué una variedad de realidades importantísimas:

- Que la electricidad no es un fenómeno extraño del mundo, como antes se pensaba, sino que es una fuerza presente por todas partes.
- Que los organismos animales la producen, la contienen y la conducen, incluyendo al mismo cuerpo humano.
- Que esa fuerza la podemos producir y conducir por medios materiales muy sencillos.
- Que las reacciones químicas más comunes pueden producir corrientes eléctricas.
- Que todos los metales conocidos en su tiempo conducen bien la electricidad.
- Que el vidrio, el papel, la madera, la cerámica y otros materiales comunes no conducen la corriente.
- Que los nervios de los animales transmiten impulsos eléctricos a los músculos y que éstos se contraen bajo la acción de esta fuerza.
- Que, teniendo cantidades suficientes de dos metales y de un ácido, se puede producir una corriente eléctrica que dure cuanto se quiera.

El descubrimiento de la pila eléctrica tuvo tanta resonancia, aún entre el público no científico, que cuando Napoleón estuvo en Italia, hacia 1803, le fué presentado Volta y éste hizo experimentos “sorprendentes” ante el emperador. La pila de Volta apareció repentinamente en todos los laboratorios de Europa como fuente universal de corrientes eléctricas estables.

Según Koehler (ver bibliografía), antes de Galvani y Volta los muchos experimentos que se hacían con máquinas electrostáticas, ya habían pre-anunciado algunos fenómenos electroquímicos. Anota, que, por ejemplo, que en 1756 se hicieron los descubrimientos básicos que conducirían luego a inventar las pilas eléctricas, pero no dice cuáles fueron

esos descubrimientos. Agrega que en 1789 se hizo la descomposición electrolítica del agua, pero no informa quién, ni dónde ni cómo lo logró. Dice que en 1797 alguien reportó que 14 600 descargas de una máquina electrostática producían 1/3 de pulgada cúbica de gases (hidrógeno y oxígeno, evidentemente), pero no agrega el nombre, ni el lugar, ni el método como se hizo este experimento. Muy probablemente Koehler se refiere al físico alemán Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), quien en 1799 electrolizó una gota de agua con descargas de una máquina electrostática y al año siguiente demostró que los dos gases que se desprendieron eran hidrógeno y oxígeno⁴. Insiste Koehler que en 1794 surgió el concepto de la serie electromotriz de los metales, pero tampoco dice quién lo formuló, ni dónde.

Lo que sí sabemos es que en 1797 Alexander von Humboldt observó que una placa de zinc y una lámina de plata sumergidas y separadas por agua destilada producen una corriente eléctrica, débil pero perceptible. Y al año siguiente el mismo Ritter usó el fenómeno que había descubierto Humboldt para separar el cobre metálico de una solución de sulfato de cobre, y, además, demostró la identidad de la “electricidad estática” con la “electricidad química” usando una botella de Leyden en estos experimentos que hoy llamamos electroquímicos. Estos aportes tan originales y tan sustantivos hacen merecedor a Ritter de ocupar puesto de honor entre los padres fundadores de la Electroquímica. Pero, al parecer Humboldt y Ritter no le dieron importancia a sus muy importantes experimentos, o no los publicaron apropiadamente, porque la posterioridad no les ha dado el mérito que tienen sus trabajos.

El hecho es que el invento de la pila de Volta fué una verdadera sensación en el mundo de la Ciencia y que, debido a la sencillez de su construcción, en muchos laboratorios los físicos y los químicos se dieron a la tarea de hacer sus propias réplicas y a experimentar con ellas y con las corrientes eléctricas que ellas producían.

4 Robeson, 1943, p. 494

LOS PRIMEROS PASOS

A las seis semanas desde cuando Volta publicó en 1800 su invento, los químicos ingleses William Nicholson (1753-1815) y Anthony Carlisle (1768-1840) descubrieron cómo descomponer electrolíticamente el agua con una pila voltaica que ellos construyeron (y que denominaron “voltaic battery”) y en un aparato sencillo e ingenioso, que ellos mismos inventaron. Mostraron así que el agua es la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, porque obtuvieron dos volúmenes de hidrógeno por cada uno de oxígeno. De paso aprovechaban su observación de que el agua destilada es muy mala conductora de la electricidad, pero que al agregarle un poco de ácido sulfúrico, de ácido clorhídrico o de soda cáustica se vuelve buena conductora. En este tema estuvieron experimentando durante los años de 1800, 1801 y 1802, y en esa forma prepararon el camino a los trabajos de Davy que vendrían poco después.

Señala Mantell, que en el mismo año de 1800, el químico inglés William Cruickshank llamó la atención al hecho de que el cobre metálico era precipitado en las soluciones de sus sales al hacer pasar por aquellas una corriente eléctrica de una pila de Volta. Además, Cruickshank señaló que al pasar tales corrientes por una solución de sal de mesa común, se desprende cloro; y en 1801 inventó una pila galvánica que se conoció desde entonces con su nombre. En Francia fué llamada “la pile anglaise”. Consistía en una cubeta horizontal de cerámica vidriada, con separadores verticales de pizarra que la dividían en varias cámaras.

Placas alternadas de cobre y zinc (típicamente de 112 mm. x 87 mm.), verticales, colgaban de una tapa de madera y estaban conectadas con alambres. Usualmente se llenaba con arena (para evitar chorreaduras) que estaba impregnada con una solución de ácido sulfúrico o de cloruro de amonio. Recién preparada esta pila producía 1 voltio por cada par de placas zinc-cobre. Al usarla desprendía hidrógeno (se polarizaba) y aumentaba su resistencia interna⁵. Poco después, Smee, otro científico inglés, inventó una pila similar pero con el cobre recubierto de platino finamente dividido para recoger el hidrógeno en burbujas y desprenderlo. Pero ninguna de estas dos pilas tuvo gran éxito. Dos años después, en 1803 en Francia, fué inventada otra pila por el químico Hachette⁶, pero tampoco este modelo perduró en uso.

Ritter, el joven físico alemán ya mencionado, (quien, además, descubrió el extremo ultravioleta del espectro de la luz solar) fué uno de los muchos que, al enterarse del trabajo de Galvani se dedicaron a continuar esas investigaciones. Es lo más probable que el joven físico alemán no supiera lo que Volta estaba haciendo en Italia. El caso es que en 1798, dos años antes de las publicaciones de éste último, Ritter estableció, como el primero en hacerlo en la historia, una conexión explícita entre el galvanismo y la reactividad química; es decir, que estableció una clara relación entre los efectos eléctricos producidos por varios pares de metales sobre los músculos de una rana, por una parte, y las diferencias en la facilidad de los dos metales para oxidarse, por la otra parte. Este hecho científico es el que conocemos hoy, y el que interpretamos disponiendo los elementos químicos en una sucesión ordenada de potenciales electrolíticos. Luego, en 1802 Ritter construyó la primera pila seca de que se tenga noticia. Y en el año siguiente inventó y construyó el primer acumulador recargable, pero quizá su poca eficiencia o su alto costo no lo conservaron en la memoria de la Ciencia, y hoy no sabemos cómo estaba

5 www.du.edu

6 www.du.edu

hecho. Las pilas que Ritter inventó cayeron en el olvido porque aún no había una demanda importante para ellas. Pese a ésto hoy podemos calificar a Ritter como otro de los grandes fundadores de la Electroquímica.

Otro científico eminente que se sintió fascinado con el invento de Volta fué el joven químico inglés Humphry Davy (1778-1822) en Londres. Desde el año de 1800 en adelante Davy se dio a construir pilas voltaicas y a hacer experimentos químicos con las corrientes eléctricas en su laboratorio de la Royal Institution. Fundiendo a 380°C una muestra de hidróxido de sodio ($Na \cdot OH$) y electrolizándola en el crisol, encontró por primera vez en la historia química del mundo el sodio metálico, en el electrodo positivo, en 1807. Lo mismo hizo a continuación con el hidróxido de potasio para encontrar el potasio metálico. Lo mismo pudo hacer para descubrir en sus respectivos hidróxidos los elementos alcalino-térreos (calcio, bario, magnesio y estroncio en sus formas metálicas. Durante el curso de estos años Davy experimentó extensamente con pilas voltaicas y fué así como en 1801 descubrió el arco eléctrico que salta entre electrodos de carbón, encendiéndolo con numerosas pilas eléctricas conectadas en serie. En 1807 él mismo acuñó las palabras “electrochemical” y “electrochemistry” que han pasado casi sin cambios a todos los idiomas cultos del mundo. En 1825 Davy publicaría todos sus trabajos y sus resultados sobre electricidad y Electroquímica en su libro “On the Relation of Electrical and Chemical Phenomena” el cual presentó en dicho año ante la Royal Institution. En esas experiencias Davy había descubierto la conducción eléctrica en el carbón, e hizo con este material un pequeño horno eléctrico en su mesa de laboratorio. Fué en este horno experimental donde fundió en 1808, por primera vez, una muestra de hidróxido de calcio y estando fundida la electrolizó para obtener calcio metálico por vez primera. De la misma manera y en el mismo año fué como descubrió el bario metálico y aisló el magnesio⁷ y

7 El magnesio ya había sido reconocido como elemento en 1755 por Joseph Black en Edimburgo

el estroncio metálicos⁸, como ya dijimos. Además Davy obtuvo cantidades apreciables de cloro electrolizando salmuera; y experimentando con este gas, demostró por primera vez que es un elemento químico fundamental⁹. Davy es pues otro de los grandes fundadores de la Electroquímica y, especialmente fué el iniciador de la aplicación de la Electroquímica a la producción de los metales a partir de sus sales fundidas.

Entre los muchos investigadores que en varios países y en esos años se dedicaron a estudiar las “pilas” de Volta, hubo dos que en el año de 1805 dieron nuevos pasos decisivos en el conocimiento de los fenómenos electroquímicos. Uno de tales pasos fué un avance teórico. El físico alemán Theodor von Grotthus (1785-1822) enunció su teoría de la conducción eléctrica en soluciones, que se apoyaba en ideas que el gran químico John Dalton (1766-1844) venía exponiendo sobre su nueva idea de los átomos. Grotthuss pensaba que al sumergir en una solución dos conductores, uno positivo y otro negativo, algunos átomos de la solución se cargaban positivamente y eran atraídos al conductor cargado negativamente; simultáneamente otros átomos se cargaban negativamente y migraban al conductor positivo¹⁰. Era una explicación no muy exacta y diferente a la que hoy conocemos, en la cual no hablamos de átomos cargados sino de iones. En todo caso era la primera teoría que trataba de explicar la conducción electrolítica.

El otro gran avance de 1805 se hizo en Italia. Allí el médico y químico Luigi Valentino Gasparo Brugnatelli (1761-1818) inventó el proceso de recubrir electrolíticamente con oro otros metales¹¹, usando para ello varias pilas de Volta y una solución de cloruro áurico. Brugnatelli presentó su invento a Napoleón Bonaparte pero éste lo desestimó despectivamente y por esa razón el inventor no volvió a hablar ni a escribir

8 Leicester, 1971, p. 167

9 Leicester, 1971, p. 161

10 Glasstone, 1942. p. 7

11 <http://inventors>

sobre su trascendental invento, salvo en su propio y pequeño boletín técnico, “Annali di Chimica”, donde permaneció olvidado durante 40 años, hasta que en 1845 alguien lo descubrió, repitió el experimento y ayudó al nacimiento de la tecnología y la industria del dorado y el plateado electrolítico. Nadie puede disputarle ya a Brugnatelli su preeminencia de primer inventor de la galvanoplastia.

Es interesante notar que la Electroquímica asumió, desde sus orígenes hasta hoy, tres modalidades como actividad humana. Por una parte tomó la forma de ciencia experimental de laboratorio. Por otra parte asumió el carácter de ciencia teórica en gran parte atada a la Química. Y en tercer lugar se configuró como un saber técnico, eminentemente práctico que se traduciría pronto en una tecnología industrial sumamente rica.

El esfuerzo por inventar pilas electroquímicas más potentes, más sencillas y más duraderas surgió desde entonces como uno de los empeños permanentes de la Electroquímica desde sus inicios hasta hoy. Movidos por ese propósito, varios científicos que ahora estudiaban afanosamente el nuevo mundo de la Electroquímica se dedicaron en especial a inventar otras pilas distintas de las de Volta, pero inspirándose en los mismos principios sobre la mayor o menor reactividad de los metales ante los ácidos y ante sustancias análogas. Así nacieron las pilas -hoy también olvidadas- de Behrens en 1806 en Alemania; y de Du Luc en ese mismo año, en Francia.¹²

La ciencia química avanzaba a grandes saltos en Europa, en esos años, impulsada por una constelación de grandes químicos cuyos nombres ya hoy son famosos. La publicación en 1808 de la teoría atómica de los elementos y de los compuestos químicos, que formuló John Dalton,

12 En este documento, al hablar de pilas galvánicas, llamamos ánodo al polo negativo que es donde ocurre una oxidación; y llamamos cátodo al polo positivo que es donde se produce una reducción. Cuando se trata de celdas electrolíticas llamaremos ánodo al polo positivo que es donde se produce una oxidación; y llamaremos cátodo al electrodo negativo, en el cual se produce una reducción.

ayudó sustancialmente a entender mejor los fenómenos electroquímicos. Por esos mismos años se estaba comenzando a entender que si un metal como el zinc tiene más propensión a disolverse en un ácido (como el ácido sulfúrico) que la propensión que tenga otro metal como el cobre, entonces al sumergirlos a ambos en el ácido, forman una fuente de fuerza electromotriz en donde el primero (zinc, en este caso) es el electrodo negativo y el segundo (cobre, en este caso) es el electrodo positivo. Este es el fenómeno fundamental que dá lugar a las pilas voltaicas de todos los tipos que se han conocido, en estos dos siglos y que son muchos.

Cabe notar que en esos mismo tiempos la Electricidad como ciencia estaba haciendo grandes y numerosos avances. Charles Agustin de Coulomb (1783-1806) había re-inventado desde 1777 la balanza de torsión con la cual se dedicó desde entonces a investigar las fuerzas de atracción y repulsión electrostáticas y entre polos magnéticos. Siete años después, en 1784, publicó las relaciones cuantitativas de estas fuerzas, relaciones a las que hoy llamamos las leyes de Coulomb. En 1786 demostró experimentalmente que las cargas electrostáticas en un cuerpo metálico se sitúan en el exterior del cuerpo. Y en este mismo año el inventor y físico inglés Abraham Bennet (1750-1799) inventó el electroscopio de panes de oro, al cual el mismo Bennet agregó, en 1789, una máquina manual bastante sencilla para generar cargas electrostáticas. Entretanto, en 1775, el mismo Alessandro Volta (1745-1827) en el laboratorio de su Universidad de Pavia, había inventado su “electroforo perpetuo”, un sencillo aparato eléctrico manual para producir y almacenar cargas eléctricas por un efecto de capacitancia. Este electróforo de Volta reemplazó posteriormente a la vieja “botella de Leyden” y andando el tiempo conduciría a los condensadores modernos. Sus trabajos con su electróforo condujeron a Volta a formular en 1788 los conceptos de tensión eléctrica (que hoy llamamos “voltaje” y que medimos en voltios), y de capacidad electrostática (que hoy llamamos “capacitancia” y que medimos en faradios).

El afán por inventar pilas eléctricas más potentes y más duraderas que las de Volta, llevó a un sacerdote italiano, el abate Giuseppe Zamboni (1776-1846) a inventar en 1810 una pila que no usaba líquidos, y donde cada unidad o celda electroquímica estaba formada por un disco de zinc, un disco de papel seco (o humedecido con aceite vegetal) y un disco muy delgado de plata. El electrólito de cada celda estaba constituido por los ácidos grasos del aceite vegetal. Pero Zamboni encontró que el simple papel, con la humedad que éste posee siempre, absorbida de la atmósfera, bastaba para formar con el zinc y con la plata una unidad electroquímica generadora. Acumulando una de estas unidades sobre otra, con sus polaridades en una misma dirección, y haciendo una pila compuesta por muchas unidades de las descritas, Zamboni pudo formar pilas muy fuertes, pero con muy alta resistencia interna, que permitían mantener funcionando durante muchas horas a algunos pequeños aparatos eléctricos, razón por la cual él llegó a pensar que estaba en el camino de inventar un “elettromotore perpetuo”¹³. Pero la pila de Zamboni tampoco nunca salió de los laboratorios y nunca se convirtió en fuente de uso común para producir corrientes eléctricas, debido, sin duda a la necesidad de usar muchas hojas de plata, lo cual la hacía mucho más costosa que la pila de Volta. Esta última era la única que seguía siendo usada en todos los laboratorios de Europa, hasta entonces.

Los avances en la Electroquímica, como ciencia-hija, comenzaron a generar avances en la Química, como ciencia-madre. Así por ejemplo en 1812 el eminente químico sueco Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) formuló su teoría electroquímica dualista sobre la constitución de los compuestos químicos. Según esa teoría, un compuesto como la sal común (*NaCl*), en su molécula está formado por dos partes: una con carga electropositiva (el sodio) y otra electronegativa (el cloro), las cuales se mantienen unidas por la fuerte atracción eléctrica entre una y otra. Faltaba bastante tiempo para llegar a las ideas de “ión”, de

13 <http://albinoni>

enlace electrovalente y de enlace covalente, pero la idea de Berzelius era un primer paso, dirigido con acierto, hacia una teoría científica de la valencia química. Precisamente uno de los primeros grandes libros sobre Electroquímica que se usaron en las universidades europeas, fué el texto escrito por Berzelius con el título “Théorie des proportions chimiques et l’action chimique de l’électricité”, el que apareció en 1814¹⁴. Durante su fecunda vida científica Berzelius determinó los pesos atómicos de numerosos elementos químicos; inventó y puso en uso el sistema moderno de denominar con letras a los nombres de los elementos químicos; amplió vastamente el saber en Electroquímica; descubrió y aisló varios elementos nuevos; y desarrolló las técnicas clásicas para el análisis químico.

Una aplicación interesante pero efímera de estos nuevos conocimientos y de las nuevas “pilas voltaicas” surgió en 1809 en Munich, Alemania, donde el químico Samuel Thomas von Soemering (1775-1830) inventó un telégrafo electroquímico basado en las experiencias de Nicholson y Carlisle. Consistía en que en el sitio de transmisión había una batería de pilas de Volta que era encaminada por uno de los 24 conductores correspondientes a las 24 letras del alfabeto. En el sitio de recepción cada conductor accionaba una celda electroquímica con agua que, al recibir la corriente, burbujeaba hidrógeno y oxígeno, señalando así la letra correspondiente a la señal. Pero este telégrafo era antieconómico y lento y por eso nunca prosperó¹⁵.

Al otro lado del Atlántico, en Estados Unidos, también había numerosos científicos y aficionados que habían construido pilas voltaicas para experimentar con ellas y con las corrientes eléctricas que producen. Así por ejemplo, en Filadelfia (la ciudad de Benjamin Franklin), en 1816, uno de estos experimentadores, llamado Robert Hare (1781-1858), construyó un pequeño aparato de laboratorio al cual su autor lo llamó

14 <http://ubmail>

15 Poveda, 1993

“calorimotor”. Estaba constituido por una pila eléctrica y una resistencia en serie con la pila, y aunque en la vida real no tuvo uso práctico alguno, si le sirvió a Hare como pieza demostrativa de que, disponiendo de una fuente de voltaje suficientemente duradera, era posible producir calor en cualquier cantidad que fuera necesaria. Esto sucedía mucho antes de que Ohm introdujera la noción física de resistencia eléctrica y de que Joule descubriera su famosa ley de desprendimiento de calor en una resistencia, ley que a veces se designa como “ley $P R t$ ” de Joule.

William Hyde Wollaston (1766-1828) fué un famoso químico inglés que vivía en esta época, y que se quedó fascinado por el invento de Volta de la pila eléctrica. Es lógico pues que dedicara buena parte del año de 1813¹⁶ a trabajar sobre ese invento maravilloso y sobre sus aplicaciones en Química. Haciéndole modificaciones a la pila de Volta, tal como darle forma de U a la placa de cobre y dejar la placa de zinc entre los dos brazos de la U , Wollaston hizo un tipo de pila eléctrica primaria que fué la mejor fuente de corriente eléctrica en su tiempo, y que por largo tiempo se llamó “pila de Wollaston”.

16 <http://www.cinemia>

BIBLIOGRAFÍA

- Atherton, W.A. *From Compass to Computer*. San Francisco. San Francisco Press, Inc. 1984. 337 págs.
- Creighton, H. Jermain. *Principles and Applications of Electrochemistry*. Vol. I. Principles. New York. John Wiley and Sons. 1935. 502 págs.
- Edelvives (F.T.D.) *Elementos de Física*. Bogotá. Librería Voluntad. 1952. 403 págs.
- Gamow, George, *The Birth and Death of the Sun*. New York, Mentor Books. 1952. 219 págs.
- Ganot, A. *Tratado Elemental de Física Experimental y Aplicada y de Meteorología*. París. Librería de Rosa y Bouret. 856 págs.
- Ganot-Maneuverier. *Tratado Elemental de Física*. París. Librería de la Viuda de C. Bouret y Librería de Hachette y Cía. 1909. 944 págs.
- Glasstone, Samuel. *An Introduction to Electrochemistry*. New York. Van Nostrand. 1942. 557 págs.
- Glasstone, Samuel. *Textbook of Physical Chemistry*. New York. D. Van Nostrand Company, Inc. 1946. 1320 págs.
- Glazebrook, D. *Dictionary of Applied Physics*. Vol. II. London. The Macmillan Company. 1922.
- Helleman, Alexander and Brunch, Bryan. *The Timetables of Science*. New York, London, Toronto, Sydney. 1988. 656 págs.

<http://www.may.ie/museum/batteries.html>. "Batteries, National Science Museum Maynooth". Consultado en 25/mayo/2001

<http://albinoni.brera.unimi.it/Atti.Como-96/tinnazi.html>. "Atti'96". Consultado en 26/mayo/2001

<http://americanhistory.si.edu/csr/fuelcells/origins/origins.htm>. "Fuel cells: Origins of the Technology". Consultado en 5/agosto/2001.

<http://douglas-plating.co.uk/student.htm>. United Kingdom. "Electroplating Information for Students and product Designers". Consultado en 16/mayo/2001

<http://ebooks.whsmithsonline.co.uk/encyclopedia/15/M0000615.htm>. "cell,electrical". Consultado en 24/mayo/2001

<http://halcyon.com/www2/johnj/radios/SCIENCE.HTM>. "testeg". Consultado en 24/mayo/2001.

<http://insulators.com/books/mpet/chap01.htm>. "CHAPTER I-ORIGIN OF THE ELECTRIC CURRENT-GALVANIC BATTERIES". Consultado en 24/mayo/2001

<http://inventors.about.com/science/inventors/library/inventors/blelectroplating.htm>. "Inventors". Consultado en 5/mayo/2000

<http://pmf.ukim.edu.mk/PMF/Chemistry/chemists/chemists.htm>. "Chemists that Shaped the Science". Consultado en 8/mayo/2000

<http://public.iastate.edu/~iachemed/FIPSE/RESOURCES/ELECTRO-CHEM/history.html>. "An Electrochemical Timechart". Consultado el 2/octubre/2000

<http://www.bbma.co.uk/introbatterymain.htm>. "The History of Batteries". Consultado en 22/mayo2001

<http://www.bioanalytical.com/calendar/97>. "Galvani", "Volta", "Ritter", "Davy", "Bécquerel", "Faraday", "Daniell", "Grove", "Le Blanc", "Nernst", "Cotrell", "Heyrovsky". Consultado en 26/julio/2000

<http://www.britannica.com>. Artículos "Galvani, Luigi", "Volta, Alessandro", "Grove, Sir William Robert", Kohlrausch, Friedrich Wilhelm

Georg”, “Debye, Pieter”, “Nernst, Walther Wilhelm”, “Davy”, “Davy, Sir Humphry”, “Sorensen, Soren”, “Bunsen, Robert”, “Edison, Thomas Alva”.

http://www.cinemia.net/SFCV-RMIT-Annex/rnaughton/WOLLASTON_BIO.html. “Adventures in Cyber Sound: Wollaston, William Hyde, Consultado en 4/octubre/2001.

[http://www.dispatchcom.com/Battery%20Basics/Alex % 20 Page % 201.htm](http://www.dispatchcom.com/Battery%20Basics/Alex%20Page%201.htm) Alexander “History of Batteries”. Consultado en 22/mayo/2001

<http://www.du.edu/~jcalvert/morse/morse.htm>. “The electromagnetic telegraph”. Consultado en 28/junio/2001.

http://www.europulse.com/battery_history.htm.”Battery History”. Consultado en 24/mayo/2001

<http://www.hepi.com/basics/history.htm>. “Battery History”. Consultado en 22/mayo/2001

<http://www.lightworld.com/Battery.htm>. “Batteries, Battery Capabilities Page”. Consultado en 22/mayo/2001

<http://www.ubalt.edu/ubmail>

James, Peter and Thorpe, Nick. *Ancient Inventions*. New York. Ballantine Books. 1995. 672 págs.

Koehler, W.A. *Principles and Applications of Electrochemistry*. Vol II. Applications. New York. John Wiley and Sons. 1950. 573 págs.

Knownlton, A. E. (editor). *Standard Handbook for Electrical Engineers*. Textbook edition. New York, Toronto, London. McGraw Hill Book Company, Inc. 1949. 2311 págs.

Leicester, Henry M. *The Historical Background of Chemistry*. New York. Dover Publications Inc. 1971. 260 págs.

Mantell, C. L. *Industrial Electrochemistry*. New York and London. McGraw Hill Book Company Inc. 1940. 656 págs.

Ponsinet, J. Principies de L'Electrochimie. Paris. Librairie Armand Colin. 1934.

Poveda Ramos, Gabriel. Ingeniería e Historia de las Técnicas (Vol. I.). Bogotá. Colciencias (Serie Historia Social de la Ciencia y la Tecnología, Tomo IV). 1993. 310 págs.

Robeson, Frank L. Physics. New York. Macmillan. 1943. 823 págs.

Timbie, William H. Elements of Electricity. New York. John Wiley and Sons. 1947. 569 págs.

Vinal, G. W. Storage Batteries. New York. John Wiley and Sons, Inc. 1940. 385 págs.



Dos Siglos de Electroquímica (1800-2000)
se terminó de imprimir en noviembre de 2010.

TERCER VOLUMEN DE LA SERIE