

Si V. E. se digna atenderme, esta Facultad alcanzará, además de la garantía de una decorosa existencia, el aliento necesario para realizar la misión étnica á que la Providencia parece destinarla.

En esta confianza, atrévome á suplicar á V. E. muy humilde y encarecidamente, que para reanimación moral de este Claustro, tan desesperanzado ya de hallar amparo en sus nobles aspiraciones, se digne hacer que llegue cuanto antes á este Decanato la buena nueva, no ya de haber V. E. admitido concretamente los diversos particulares que en este *Memorial* se encierran, sino de haber siquiera aceptado en principio sus capitales extremos.

Así lo ruega y espera, fundado en las superiores dotes de ilustración, rectitud y celo de V. E., cuya vida guarde Dios dilatados años.

Madrid á 3 de diciembre de 1890.—Excmo. Sr.—El Decano de Medicina de la Universidad Central, *José de Letamendi*.

NUEVA PILA HIDRO-ELÉCTRICA

SR. DR. D. RAFAEL ULECIA :

Mi distinguido comprofesor y amigo: Con la mayor complacencia tomo la pluma para satisfacer los deseos de usted, remitiéndole, con destino á las páginas de su ejemplar *Revista de Medicina y Cirugía Prácticas*, algunas explicaciones acerca del nuevo modelo de pila hidro-eléctrica, ideado por mí, cuya grande utilidad clínica, aparte su transcendencia á la industria en general, legitiman el interés que usted me ha mostrado por que cuanto antes la conozcan nuestros comprofesores. Sean, pues, éstos los primeros concededores de una invención tan sencilla, y hasta diré infantil, en su materialidad, como complexa y seria en sus resultados prácticos.

Lo que yo andaba buscando en un principio era un positivo adelantado en los medios de exploración clínica, tomando, como siempre, por ideal del progreso médico aquello que, sin gastos ni dificultades, pueda ser puesto en uso por el sinnúmero de comprofesores que,

apartados de los centros de movimiento científico é industrial, siguen, con un celo rara vez premiado, el movimiento del progreso médico, y con duelo profundo de su alma lo ven, lo siguen con la mente, sin poderlo aplicar á su propia experimental cultura y á las necesidades de su profesión. Mas es el caso que, yendo en busca de un resultado particular, vine al fin á encontrarme con un resultado general. No es culpa mía, pues, si para llegar á exponer el adelanto concretamente clínico que he alcanzado, debo antes detenerme en la explicación de la nueva pila, como instrumento general de ciencia y de industria.

Ante todo, permitaseme que yo mismo determine de un modo preciso los quilates de mi pila, considerada como una *invención*.

CONDICIONES DE ORIGINALIDAD DE LA PILA

Tan amigo de respetar lo ajeno como de que me sea respetado lo propio, y persuadido de que en materias de originalidad tan impropcedente es la abnegación como la petulancia, declaro desde luego que yo no soy *inventor* de una nueva pila eléctrica, sino de un *nuevo conjunto de modificaciones* de la pila de Daniel, en cuya virtud esta pila, que fué siempre la reina de las pilas por la *constancia*, se transforma en reina de las pilas por todos los demás conceptos reunidos, á saber; energía, economía de construcción y manutención, simplicidad, comodidad, inocuidad, imperturbabilidad y facilidad en la recomposición de averías accidentales.

Años ha que los físicos buscan en vano la solución al problema parcial y concreto de dar á la pila de Daniel una *energía* proporcionada á su *constancia*; y, sin embargo, este problema, parcial y todo, no ha podido hallar solución satisfactoria en ninguna de las 22 variantes *derivadas* de la pila de Daniel, que hoy la ciencia registra. Las pilas sistema Daniel, sin vaso poroso, como, por ejemplo, la de Callaud y la de Trouvé-Callaud, ofrecen, á cambio de un pequeño aumento en la fuerza electro-motriz, una disminución en la cantidad de electricidad, amén de otros graves inconvenientes (inconstancia, complicación y engorro) que las han impedido prosperar; y en cuanto á las de vaso poroso mineral ó tierra llorona, dejan éstas en pie los mismos inconvenientes, á saber: falta de energía electro-motriz y falta de energía cuantitativa de que adolece la primitiva pila de Daniel.

Es cierto que, por lo que toca al vaso poroso, Mr. Carré en 1868 logró, con el papel pergamino, verificar en el laboratorio de Mr. Ja-

min unos ensayos notables de obtención de luz eléctrica, por medio de una batería de 60 grandes pares Daniel; mas ni esta idea fué original de Mr. Carré (pues ya el mismo Daniel había ensayado, no solo los vasos porosos vegetales, sino también los de procedencia animal, mejores conductores aún que aquéllos, construyendo al efecto vasos porosos de tripa de vaca), ni pasó todo ello de un ensayo; pues lo cierto, lo práctico, lo histórico es que, así Daniel como Carré, desistieron respectivamente de su empeño, por no haber hallado manera hábil de construir, con tan deleznaibles materiales, vasos porosos *consistentes, resistentes y persistentes*. De suerte que, respecto de los vasos porosos, el progreso ha existido en el conato, mas no en el éxito; y, después de todo, pronto verá el lector que la solución al problema de los vasos porosos de materia orgánica, con ser tan importante, no constituye la totalidad, sino una sola parte de los elementos de novedad de mi pila, y de los motivos, en consecuencia, de la realización que por ella alcanza el ideal de Daniel.

No pretendo, pues, ni mayor ni menor título que el que en conciencia pueda corresponderme. Yo no he inventado una pila; pero he *sacado de pila* la pila de Daniel. Sea, pues, él el padre; conténtome yo con ser el padrino de su pila, merced á un sistema de perfeccionamiento que hace de ella un aparato hidro-eléctrico útil y accesible á todo el mundo, y que la erige en pila sin rival.

El elogio más grato á mi ánimo que del nuevo modelo de la pila de Daniel se puede hacer, he tenido ya la dicha de oírle de labios del distinguido ingeniero francés Mr. Victory, bien conocido en España por sus útiles invenciones. Al ver funcionar la pila, y una vez enterado de su construcción y sus ventajas, exclamó: «Lo que usted ha inventado es un *Gate-métier* (*un mata-oficio*), pues que esto mata la industria de fabricación de pilas.»

En efecto; este había sido mi propósito.

Fijadas de esta suerte las condiciones de originalidad inherentes á mi modelo de pila hidro-eléctrica, réstame solo advertir que todo cuanto afirmo acerca de su composición y sus excelencias, constituye un conjunto de cosas y hechos exhibidos y comprobados en una sesión experimental de más de dos horas y media, celebrada ante el Excmo. Sr. Decano de esta Facultad, Dr. D. Juan Magaz, con asistencia de los Sres. Doctores del Busto y Marcos y de varios alumnos ayudantes de mi laboratorio particular, no solo concedores, sino ya constructores de las pilas que en aquella sesión funcionaron, y diestros, además, en su manejo, habiendo merecido de dicho Sr. Decano, como última expresión de sus impresiones, estas concisas frases:

«Deseo vivamente ver cuanto antes todo esto establecido en San Carlos.»

Ahora, dejando para otro artículo la parte histórico-científica y la de aplicación médica, voy á exponer: 1.º, las ventajas de la nueva pila, y 2.º, su composición y régimen.

VENTAJAS DE LA NUEVA PILA

A.—Constancia.

La constancia de esta pila es igual á la de Daniel, es decir, indefinida; pero esta ventaja sube de punto si se considera, que la constancia de la nueva pila es la constancia en una mayor energía así electro-motriz como cuantitativa.

B.—Energía.

He aquí sobre este particular los resultados experimentales comparativos, en valores concretos.

a.—*Energía electro-motriz*, en grados de torsión de un galvanómetro horizontal.—Elementos de tamaños iguales.—Asociación por oposición de los elementos de cada pareja.

	A las cinco horas de funcionar.
Pareja Bunsen.....	90°
Pareja modelo del Autor.....	74°
Pareja Daniel.....	40°

De suerte que mi modelo, *en igualdad de elementos*, solo marca 16° menos de fuerza electro-motriz que la de Bunsen en sus buenas horas, mientras que la de la pareja Daniel da 34° menos que la mía.

Importa advertir que de mi modelo basta asociar tres elementos para obtener 90°, ó sea fuerza electro-motriz, igual á la pareja Bunsen en su período intenso.

b.—*Energía cuantitativa* (cantidad de electricidad en un tiempo dado).—En la sesión celebrada en presencia de los Sres. Decano, del Busto y demás antes citados se comprobó, reloj en mano, que una batería de mi modelo, de seis elementos de 16 centímetros de altura funcional y 8 de diámetro total ó de boca exterior, es decir, con una batería tan reducida que cabe en una bandeja pequeña, el condensador, ó pila secundaria, daba *una luz cuya duración era igual al 25 por 100 del tiempo de carga*. En otros términos; que cada cinco minutos

podía practicarse á la luz de la mechita de platino un examen clínico de cerca de *minuto y medio* de duración. Para obtener igual tiempo de luz con las pilas ordinarias, se necesitan muchas horas de carga; siendo así que mi batería acababa de dar, cuando se procedió al ensayo mencionado, unos tres cuartos de hora de luz como resultado de la carga de unas tres horas y media.

C.—Economía.

Como caso concreto, ó punto de referencia que dé una idea de la economía de mis pilas, fijémonos en el servicio clínico.

Coste del mantenimiento de un aparato médico de servicio polisópico y policáustico, montado con una batería de mi modelo:

Destino.	Trabajo diario.	Coste máximo en céntimos de peseta.
Servicio médico privado...	Tres horas de trabajo intenso y las 21 restantes de trabajo remiso á reserva para imprevistos... ..	10 (ó sean 7 ochavos.)
Servicio clínico de un Hospital como el de San Carlos de Madrid, es decir de doble servicio médico quirúrgico.....	Tres horas de trabajo intenso y las 21 restantes de trabajo remiso, á reserva para visitas de tarde é imprevistos de guardia.....	50 (ó sean 2 reales.)

Esta baratura, sobre ser notable en absoluto, no tiene precedente ni sombra de aproximación entre las pilas capaces de suministrar luz y fuego.

D.—Comodidad.

La pila de mi modelo, ni produce la menor molestia, ni puede acarrear en su manejo el menor riesgo. Puede ser emplazada impunemente en la estancia más falta de ventilación, y confiado su gobierno á una sirvienta ó á un muchacho de regulares alcances.

E.—Simplicidad.

Así la constitución de la pila como su régimen son por todo extremo sencillos. Las primeras materias para formar sus piezas constituyentes se hallan á mano en cualquier pueblo ó aldea, y por lo que dice á sus medios de alimentación, redúcense éstos á sulfato de cobre del comercio y agua de fuente, cisterna, pozo ó río..... y nada más.

F.—Facilidad de construcción y recomposición.

Para construir una batería de pilas del nuevo modelo no se necesita la intervención de ninguna de las industrias especiales del ramo. Con tener á mano cacharros comunes, plancha ordinaria de zinc, cartulina ó cartón de estraza, cera amarilla ó blanca, y chapa ó bien alambre de cobre, y si no de cobre, de hierro, puede cualquiera fabricarse, con bien poca molestia, y hasta por vía de agradable pasatiempo, la más formidable batería; con la peregrina ventaja por añadidura, de poder fabricarla *ad libitum*, en vez de tener que sujetarse á los tipos y medidas de elementos que se dan á la venta en los depósitos, y que á lo mejor de la ocasión, cuando más se necesitan, entonces, ó no *han llegado*, ó *se han vendido* los que por acaso quedaban.

G.—Coste de construcción.

El importe, tanto de una batería de pilas productoras para los diversos usos industriales, como de un aparato médico completo para poliscópica y policústica, con su aparato condensador ó *pila secundaria* de Gaston-Planté, y el servicio de reóforos, mango, reflectores, mechas, cuchillos, etc., resulta, en igualdad de número, naturaleza y tamaños de los componentes, la mitad de lo que hoy cuestan sus similares respectivos.

Y esta baratura sube de punto si se reflexiona que por esta *mitad de precio* se adquiere un aparato de *cuádruple* ó *quintuple potencia* por lo menos. De suerte, que el *coste útil*, el verdadero *coste económico* es, no la mitad, sino á lo menos *un octavo* ó *un décimo* del actual importe.

H.—Imperturbabilidad.

Sabido es que toda batería hidro-eléctrica ofrece, bien debilitaciones, bien perturbaciones ó aberraciones inesperadas, cuya corrección suele dar mucho que entender y no poco que trabajar, aun á las personas más prácticas en la materia. Pues bien; la pila del nuevo modelo reúne por este concepto dos inapreciables ventajas: primera, la de que por su naturaleza es constante en su fuerza electro-motriz, y acomodaticia en su actividad, pues da siempre una *cantidad de electricidad* proporcional al alimento que se le suministra, y segunda, la de que su extrema simplicidad la libra de esas perturbaciones que

nacen ordinariamente de la complejidad de los aparatos en relación con nuestra actual ignorancia en punto á las leyes de electroquímica. Más breve; las baterías del nuevo modelo solo pueden perturbarse por efecto de algún descuido en lo más elemental del arte de montar y cargar esta especie de máquinas.

Visto el conjunto de ventajas que ofrece la nueva pila, pasaré á explicar su composición, construcción y régimen.

COMPOSICIÓN DE LA PILA

Más sencilla que la pila de Daniel, compónese la que estoy describiendo:

- 1.º De un vaso exterior, mal conductor é impermeable.
- 2.º De un vaso interior, buen conductor y permeable.
- 3.º De un electrodo (activo, positivo ó generador) de zinc, origen del polo-reóforo negativo, y que se aloja en el vaso ó célula exterior.
- 4.º De un electrodo (pasivo, negativo ó conductor) de cobre, origen del polo-reóforo positivo, y que se aloja en el vaso ó célula interior.
- 5.º De una disolución de sulfato de cobre del comercio, contenida en el vaso interior, ó *célula-cobre*.
- Y 6.º De una cantidad de agua clara (que con el trabajo se carga de sulfato de zinc), contenida en la *célula-zinc*.

Es de advertir que esta disposición (cobre al interior y zinc al exterior) no es arbitraria, como en general se ha creído hasta aquí, sino la única científica, como lo demostraré en la parte teórica, y que solo en contados casos, y por razones especialísimas, puede admitirse la disposición inversa de los departamentos electródicos.

CONSTRUCCIÓN DE LA PILA

El tamaño más conveniente, para la generalidad de aplicaciones de las pilas de que tratamos, es el de 18 á 20 centímetros de altura por casi otro tanto de diámetro de boca del vaso exterior. Puede, sin embargo, construirse cada cual del tamaño que quiera, según la especialidad de su objeto, y ésta es precisamente una de las grandes ventajas de mis pilas.

Entremos ahora en los detalles de construcción.

1.º Vaso exterior.—Puede utilizarse cualquier especie de cacharros de vidrio, ó de tierra cocida provista del correspondiente barniz ó vidriado interior, con tal que tengan la forma de maceta ó vaso, es decir, ancha boca y buen asiento. (En general, ya es condición que los vasos exteriores se mantengan bien secos, pues la humedad ocasiona pérdidas eléctricas; y en el mismo sentido creo útil recomendar que, para evitar toda debilitación de una batería por este concepto, se entable, no directamente sobre la madera de la mesa ó sobre el pavimento, sino sobre cristales comunes de vidriera, ó sobre un plano de azulejos.)

2.º Electrodo-zinc.—Para formarle, empléese plancha ordinaria de aforrar suelos, fregaderos, etc., y de la clase más delgada (de unos $\frac{2}{3}$ de milímetro de espesor), pues tiene la ventaja de poderse cortar facilísimamente con tijeras fuertes de hojalatero y dejarse abarquillar con regularidad sin notable resistencia. Le empleo sin amalgamar con mercurio, es decir, tal y como sale al mercado, porque el zinc en plancha ofrece, por causa de la gran densidad y lisura que adquiere por la presión de los cilindros, mayor resistencia á la reacción química que el zinc fundido que se emplea generalmente para las pilas, resultando de esta mayor densidad y lisura un trabajo tan lento y uniforme como el que proporciona la amalgamación. He aquí por qué mi pila economiza zinc sin gasto de mercurio.

Para formar el electrodo, se corta con la tijera fuerte—sobre un patrón de papel ya calculado y dispuesto—el cuadrado conveniente, es decir, cuya altura sea un canto de dedo mayor que la *altura real interior del vaso exterior*, y cuyo ancho baste para que, una vez arrollado el zinc, formando cilindro, abrace *casi* á contacto todo el exterior del vaso poroso. Una vez arrollado y colocado el zinc, se recorta del sobrante de altura una tira de suficiente longitud para servir de polo reóforo de enlace con los demás pares de la proyectada batería, á cuyo fin dicha tira, después de formada por el corte, se endereza hacia fuera de la boca del tarro. Finalmente, si no se tuviesen á mano presillas ó pinzas de presión metálicas para unir luego las tiras unas con otras en batería, háganse, junto al extremo de cada polo ó tira de cada reóforo-zinc, dos semicortes transversales opuestos, donde ajustar por intromisión y presión los extremos del reóforo-cobre correspondiente.

Hecho todo lo cual, se engrasa por fricción detenida toda la superficie exterior ó convexa del zinc, á fin de que esta cara no trabaje; pues como se verá en la parte teórica, todo el trabajo de dicha

superficie es puramente químico ó perdido, y no electro-químico ó útil; y cata ahí construido y presto el electrodo-positivo de la nueva pila.

3.º **Vaso poroso.**—Los vasos interiores los construyo de cartulina común de tarjetas de visita, ó bien, si me conviene la máxima porosidad compatible con el buen trabajo, los hago de cartón de estraza, llamado en el comercio *cartón de alpargata*. Este, no obstante, si después de uno ó dos días de funcionar se quita, y sin lavarlo se le deja secar á la corriente de aire á la sombra, ajusta notablemente sus poros, y queda casi de igual porosidad que la cartulina, y más firme aún y consistente por su propia naturaleza.

La construcción de estos vasos porosos puede cualquiera emprenderla sin más que hacerse buen cargo de todas y cada una de las particularidades que voy á fijar. Determinadas las medidas de altura y boca, y fijadas en sendos patrones de papel fuerte, se cortan previamente los cuadrados y los fondos circulares que se necesiten. Conviene advertir para la adecuada determinación de los patrones que *el vaso poroso debe tener de RADIO DE BOCA los tres quintos del radio total de boca del vaso exterior*. Esta proporción, que me ha dictado la experiencia, es importantísima para la justa relación económica entre el espacio que ocupa la batería, los cuidados que exige y la utilidad que da.

Recortadas y dispuestas las piezas de cartón, y teniendo bien dretida *al máximo, pero sin el menor hervor*, en baño de arena, una mezcla de cera blanca ó amarilla, con un 5 por 100 de su peso de trementina líquida de Venecia (en último caso cera sola), se comienza procediendo á la soldadura longitudinal del vaso poroso. Para más perfecto y descansado operar, se forma antes un rollo de cartón que sirva como de molde, en que hallen una sujeción provisional los diversos cuadrados de cartón, cuyos bordes, por más que el cartón sea arrollado, se resisten á dejarse soldar con la regularidad geométrica y el ajuste debidos. Entonces, por medio de un pincel plano y con *cera á la máxima fusión* (esto es esencial) se va aplicando la soldadura longitudinal, primero por fuera y después por dentro, reforzándola luego con cera menos caliente, á fin de engrosar la soldadura. En seguida, á todo lo largo de la parte diametralmente opuesta á la soldadura, se procede á lo que llamaré la falsa soldadura longitudinal, cuyo objeto es constituir, junto con la verdadera, dos tiras fuertes, á guisa de columnas ó estribos, que den al vaso la doble resistencia longitudinal indispensable, é impida además la deformación por la continuada acción de los líquidos.

Hecho esto, se pasa á formar la boca del nuevo cacharro de cartón, bastando para ello zambullir unas cuantas veces cosa de centímetro y medio en la cera, al máximo calor, la boca del rollo, hasta tanto que se forme ribete de puchero, con la cual queda asegurada la forma y la resistencia del vaso en el sentido transversal superior.

Por último, se coge el rollo ya soldado y ribeteado, se le baña un momento por la contraboca destinada á la tapa de fondo, se coge ésta y se la pega al borde de dicha boca por dos ó tres puntos, mediante estrechas tiritas de trapo encerado, se zambulle cosa de dos ó tres centímetros un momento en la cera líquida *al máximo* derretimiento; la cera entonces, al paso que impregna el exterior, se filtra por los resquicios entre las tiritas de trapo en el fondo interior del vaso, y volteando el vaso durante el enfriamiento, queda herméticamente consolidada la soldadura, no faltando más, por vía de último toque, que ir engrosándola por dos ó tres zambullidos en la cera (á mediano calor), concluyendo, con la formación de este fondo y pie, la construcción del vaso poroso.

Todas estas nimiedades exige la construcción de un vaso poroso de cartulina; pero, observándolas, se obtienen vasos que me atrevo á calificar de perpetuos. Los hay en mi laboratorio particular que llevan más de un año de existencia la más azarosa, pues tan pronto han estado meses enteros trabajando, como meses enteros holgando á la intemperie, ó sufriendo toda suerte de injurias, tirados debajo de las mesas, entre cacharros y otros objetos de molesta compañía y trato, prestándose á reponerse de cualquier descalabro accidental, mediante pronto y sencillo remiendo....., un poco de cera.

Después de todo, he aquí el coste comparado:

Un vaso de tierra poroso de 20 centímetros de alto....	6 reales.
» » de cartulina » » »	1 $\frac{1}{2}$

Añádase que, con el tiempo, los primeros, si no se rompen, se ciegan de los poros, mientras que los segundos no se ciegan ni se rompen, y si se estropean, se remiendan.

4.º **Electrodo-cobre.**—La construcción de éste no ofrece nada de particular. Se compra plancha de cobre de la llamada *chapa* en el comercio, la cual es tan delgada, que se deja cortar con tijeras fuertes de labor. Se corta el cuadrado proporcionado y se arrolla, de suerte que, metido en el vaso poroso, quede la convexidad del cobre separada medio centímetro á la redonda del cartón. Luego, al compás que con el tiempo de trabajo la cara convexa del cobre se recarga de nuevo cobre reducido por la electricidad, se va abarquillando más el

electrodo; de suerte, que siempre éste se mantenga *casi* á contacto del cartón, sin que nunca le toque en realidad. Lo que conviene es, que al formar el rollo, toda aspersion de bordes y ángulos quede revuelta hacia la parte interior, á fin de que, al entrar ó salir el electrodo de su vaso poroso (en el montar y desmontar de las pilas), no arañen tales aspersiones el cartón, precisamente cuando éste se encuentra húmedo y blanducho; pues aunque es fácil remendar tal avería en un vaso de cartón, con solo sacarlo, secarlo al calor de la lumbre y encerarle la herida, mejor es precaver un accidente que siempre trae detención y engorro.

A la chapa de cobre conviene darle, como queda dicho respecto de la de zinc, un exceso de altura, á fin de sacarle cómodamente por recorte su polo-reóforo positivo, el cual debe tener la proporcionada longitud para articularse con el polo-reóforo negativo, ó del zinc, del elemento vecino, ó para dar articulación al alambre reóforo positivo del circuito.

Aunque en mi modelo el electrodo-cobre apenas trabaja por su cara cóncava ó interior, bueno es, sin embargo, engrasar esta cara, á fin de concentrar todo el trabajo en la superficie convexa. (Véase la parte teórica.)

Por último, á falta de chapa de cobre, puede construirse un electrodo de alambre de cobre y hasta de hierro (que á las primeras horas de trabajo se cobre él solo), arrollado en espiral, á guisa de muelle de diván, y haciendo servir de polo-reóforo el cabo suelto de la extremidad superior. Sin embargo, la chapa es, teórica y prácticamente, preferible al alambre.

5.º Embudos de alimentación.—Aunque la fuerza electro-motriz de una pila sea constante, á despecho hasta cierto punto (véase la parte teórica) de la cantidad de alimento con que trabaja, es ley de toda pila que la cantidad de electricidad que produce está en razón directa de la cantidad de alimento que percibe. Para llenar esta indicación, lleva la pila de Daniel, siempre que se aplica á labor continua ó indefinida, una bombona invertida, llena de cristales de sulfato de cobre, y con su boca sumergida en el vaso poroso.

En mi aparato esta pieza de cristal, cara, engorrosa y muy sujeta á averías, así en el transporte como en el uso, queda sustituida por un embudo de cartulina, vuelta impermeable por un baño de cera al máximo calor, y formado de esta manera. Recórtense círculos de cartón: córtense en semicírculos: á cada semicírculo rebájesele de un segmento (de un tijeretazo desde el *centro geométrico* á la circunferencia) lo que, según patrón, se tenga calculado, para que resulte

un embudo que penetre todo el tercio superior del líquido del vaso poroso y sobresalga del mismo dos tantos más; luego se le acribilla con un punzón todo el tercio de superficie más próxima al centro geométrico, haciendo los agujeros bastante chicos para que los detritus ó fragmentos de cristal de sulfato de cobre no se cuelen por ellos; en seguida se encera, se repasan los agujeros cegados por ésta, se arrolla en cono perfecto, se sueldan los bordes con trapo viejo encerado, y queda hecho el embudo alimentador, el cual, para una pila de 20 centímetros, puede cargar como repuesto cosa de una libra de sulfato de cobre.

No es la menor de las ventajas de mi sistema la facilidad con que se vigila el estado de repuesto de las pilas, y se procede á su mantenimiento, distribuyendo cristales á discreción cuando y como convenga; operación tan fácil, que ha dado origen entre mis ayudantes á la frase: «*repartir merienda á las pilas.*»

MONTURA DE UNA BATERÍA

No hay para qué decir que las pilas cuya construcción acabo de explicar, pueden, como todas, asociarse por *superficies*, es decir, por polos semejantes; ó por *tensión*, es decir, por polos opuestos, constituyendo batería. La asociación en mis pilas se hace en todo caso como las demás, solo que á falta de presillas de tornillo, pueden los polos, por ser de fábrica propia, asociarse engastando y remachando fuertemente con alicates las flexibles tiras de cobre en las cisuras transversales de los polos de zinc, á su tiempo descritas.

Importa no olvidar, en todo caso (y esta es regla general para montura de baterías), que todo extremo polar debe ser, *inmediatamente* antes de ser emparejado con otro, repasado con lima ó papel de lija, á fin de que el contacto sea entre superficies metálicas puras.

CARGA DE LAS PILAS

Montada la batería, puede de dos maneras ser cargada, según se desee que el trabajo se produzca inmediata ó gradualmente enérgico. Siempre, sin embargo, es el mismo el proceder mecánico.

Regla general.—La batería debe cargarse por pilas, no por especies de operaciones. He aquí, pues, el orden para cada pila:

1.º Llénese la *célula-cobre*, ó vaso poroso, bien con disolución concentrada en frío de sulfato de cobre del comercio (energía inmediata), bien con agua clara (energía gradual).

2.º INMEDIATAMENTE llénase la *célula zinc*, ó tarro exterior, siempre con agua clara.

Nivel de los líquidos.—Dos centímetros por debajo del borde del tarro exterior el de la *célula-zinc*, y un poco menos ó un poco más el de la *célula-cobre*, según deba recibir ó no recibir embudo de alimentación; de suerte que siempre el nivel del líquido del vaso poroso domine cosa de medio centímetro al del tarro.

Repítase para cada elemento ó pila esta operación, y

3.º Colóquense los embudos, si procediere, y llénense de cristales; tomándolos de un depósito donde ya estén repasados, es decir, limpiados del detritus pulverulento que siempre les acompaña (y que se aprovecha para concentrar disoluciones), y despedazados en cristales medianos los más grandes, á fin de que bajen fácilmente hasta el fondo del embudo, sin atascarse en su descenso.

OBSERVACIÓN.—En el caso de cargarse con agua clara entrambas células, inmediatamente los cristales del embudo empiezan á derretir y la aguja del galvanómetro marca un ligero desvío, que ya no cesa de aumentar, llegando en pocas horas á su máxima constante.

SIGNOS DE ENERGÍA DE LAS PILAS

La medida de la fuerza electro-motriz la da el galvanómetro (véase para sus variantes la parte teórica); mas la medida de la cantidad de electricidad la suministra la *calidad* del cobre depositado en su correspondiente electrodo. Si las pilas producen mucho, el cobre se deposita conglomerado y de un brillante color naranja intenso; mas si producen poco, el cobre se deposita informe, pulposo, moreno y sucio como lodo. Entre estos dos extremos se pueden seguir todas las gradaciones, observando una pila cuya alimentación vaya en disminución ó en aumento, entre la saturación y la casi exhaustión de sulfato de cobre en el agua de su célula interior.

De suerte que en la práctica son tres los signos correlativos de la actividad de una pila; deduciéndose, en consecuencia, de cada uno de ellos los otros dos, siendo estos tres signos correlativos: el color del cobre reducido, el color de la disolución de sulfato de cobre, y la fuerza de la descarga al cerrar el circuito.

Una sola excepción ofrece (al menos aparentemente) el cumplimiento de esta ley, y tiene lugar cuando la pila trabaja pocas horas á máxima carga y las restantes á carga mínima. Entonces, faltando tiempo para la transformación de la calidad del color redu-

cido, llega la hora de la *remisión* cuando empiezan los electrodos correspondientes á reducir cobre brillante y correctamente aglomerado.

DESCARGA DE LAS PILAS

Si los elementos de la batería se tienen emplazados en dos solas filas á lo largo de una mesa ó mostrador, su descarga es por demás expedita. Para ella empleo un largo tubo de goma elástica, terminado por otro de cristal, de longitud igual á la altura de las pilas y enchufado en el de goma. Con esto y una jeringa de vidrio (ó de latón bien engrasada por dentro, y sobre todo bien lavada después de usarla), descargo por el sistema ordinario de corriente de sifón, iniciando la corriente por medio de una aspiración de la jeringa y dejando caer luego el extremo libre del tubo de goma en uno de los dos recipientes colocados en el suelo. Estos recipientes son: uno para el líquido-cobre y otro para el líquido-zinc.

Sin hacer uso de la jeringa más que una vez, y solo interrumpiendo, por presión digital, la corriente del tubo cada vez que se le debe cambiar de vaso, se puede descargar toda una batería, por numerosos que sean los elementos que la compongan.

El orden de la operación ha de ser el mismo que para la de carga: de pila en pila, vaciando primero la célula-cobre, segundo la célula-zinc, y enviando cada líquido á su respectiva redoma de depósito.

Conviene que el tubo de cristal descansa en el fondo mismo del vaso poroso.

Suponiendo la descarga completa, absoluta, debe procederse al desarme de las junturas interpolares de la batería; pero si solo se trata de una descarga incompleta, relativa, al efecto de que la batería quede en *función remisa*, hasta el día siguiente á la hora de volver á su *función intensa* (según queda indicado al tratar del *coste de mantenimiento*), entonces solo se vacian los vasos porosos, empero *rellenándoles inmediatamente* con agua clara (porque de lo contrario se violentan propendiendo á ascender, solicitados por su propia liviandad y á despecho de las trabas interpolares). Esta agua clara, diluyendo el poquito de escurriduras de disolución de sulfato de cobre recién extraída (y sin concurso de los embudos, los cuales quedan retirados), forma alimento suficiente para un trabajo que, aplicado, por ejemplo, al servicio de una clínica, permite sacar de un condensador, ya luz, ya fuego para las necesidades extraordinarias exploratorias y terapéuticas.

Practicada la *descarga relativa*, la gran cantidad de agua clara de la célula interior se apodera por cambio osmótico de una gran parte del sulfato de zinc producido en la célula exterior; y así, al otro día para recargar no hay más que: 1.º, vaciar el líquido de la célula interior; 2.º, rellenarla de solución de sulfato de cobre, y 3.º, reponer los embudos de alimentación.

(Para este sistema de trabajo remitente debe emplearse placa de cobre, no alambre, y conviene cada dos ó tres días desmontar los *electrodos-cobre* y limpiarlos á chorro y cepillo.)

Si, á pesar de lo dicho, aparecieren en el borde superior y cara interior del tarro cristalizaciones de sulfato de zinc, se extraerá con la jeringa una parte del líquido exterior y se compensará con un equivalente de agua clara.

REPOSICIÓN DEL ELECTRODO-ZINC

Dadas las condiciones de la nueva pila, un electrodo de plancha de solos dos tercios de milímetro de espesor, y sin azogar, dura de quince á veinte días, trabajando á *función intensa continua*.

Un *electrodo-zinc* para un elemento de 20 centímetros de altura viene á pesar una libra, y la libra de plancha de zinc del comercio sale, comprando la plancha entera, á real y medio.

Trabajando las pilas tres horas diarias á *función intensa* y veintuna á *función remisa*, dura esta libra de zinc unas catorce semanas.

Aunque sobre el electrodo-zinc se deposita una capa de cobre color de café tostado (la cual también se da aunque esté el zinc amalgamado, como en la pila Daniel), esto no polariza la pila, pues no afecta ni á su fuerza electro-motriz ni á su cantidad de trabajo. Es un hecho positivo, por más que no sea fácil dar de él una plausible explicación. Quizá se compensa la influencia de esta capa de cobre con la de la nutrida capa de burbujitas de hidrógeno que ocupa sus poros y que se desprenden con gran crepitación cada vez que se agita el electrodo; mas no se inmuta la aguja galvanométrica cuando por brusca sacudida se determina uno de estos fuertes desprendimientos.

En cuanto al limo que se va posando paulatinamente en el fondo de la *célula-zinc*, se compone de detritus del zinc y de partículas de cobre adherente, recíprocamente neutralizados, y que en nada con-turban las funciones de la pila.

Un fenómeno interesante ofrece la pila de cuyo régimen me ocupo, y es que, á pesar de la suma porosidad de la cartulina, si en cual-

quier momento se extrae con una jeringa de cristal, ó por otro mecanismo análogo, una cantidad del líquido de la *célula-zinc*, el líquido que de ella sale es *absolutamente incoloro* (agua y sulfato de zinc), mientras que el líquido de la *célula-cobre* (vaso poroso) es del azul de mar intenso, propio de la saturación de sulfato de cobre, y que el electrodo-zinc, sin el auxilio de una sola gota de ácido sulfúrico, produce el murmullo crepitante, propio de la acción del sulfato de cobre sobre el zinc.

¿Por dónde pasa el sulfato de cobre, que en todo lo ancho de la masa de agua no se ve traza de su color, ya que no cuenta la ayuda ó influencia del ácido sulfúrico?—Misterios que la química galvánica, hoy día naciente, quizá en el porvenir revelará.

Por hoy, solo puedo atenerme á este resultado práctico: el perfecto contraste, antes citado, entre el color de los dos líquidos es (salvo el caso de caída accidental de cristales de sulfato de cobre en la célula-zinc) la mejor garantía del estado de integridad de los vasos porosos.

DESMONTE DE LAS PILAS

Desarmada, cuando así convenga, una batería, he aquí lo que procede para desmontar las pilas que la formaban:

Electrodo-cobre.—Sacarlo con mucho aplomo y tino, á fin de que las granulaciones y aristas del cobre reducido no arañen el vaso poroso, y luego lavarlo y secarlo al aire.

Líquido interior.—Vaciarlo en una bombona donde haya siempre un depósito de cristales de sulfato de cobre que la repongan á saturación en frío.

Vaso poroso.—Vaciarlo por sifón, ó sacarlo y vaciarlo con atinada presteza, luego á escurrir boca abajo, y en seguida, bien lavado, y ponerlo á secar boca arriba y al aire corriente á la sombra.—De esta manera tratados, quedan más recios que cuando nuevos.

Electrodo-zinc.—Sacar, lavar ligeramente y secar.

Líquido exterior.—Si se quiere economizar, redúzcase por evaporación al sol el sulfato de zinc que contiene, y guárdese luego en cristal para *encabezar* pilas nuevas, pues si mucho sulfato de zinc en el agua clara aumenta la resistencia de la pila, una cantidad moderada favorece su conductibilidad.

Tarro exterior.—Lavarlo bien del poso de detritus, escurrirlo y secarlo.

Resumiendo: todas las ventajas enumeradas en los primeros párrafos de este escrito, resultan de un cúmulo de modificaciones en el material y en el régimen de la pila de Daniel, y este cúmulo de modificaciones detalladamente explicadas, constituye la nueva pila que tengo el honor de ofrecer á las artes técnicas en general y á la técnica clínica en especial.

Quizá se dirá que he sido nimio en demasía; pero estoy tan cansado de leer inútilmente libros donde se dan todas las reglas para hacer una determinada cosa, menos las reglas que se necesitan para hacerla bien, que hoy, al proponerme explicar mi pila á los demás, he procurado hacerlo conforme entiendo que se debe; es decir, dando al lector, con todos los detalles de mi experiencia acumulada, todas las nimiedades de que depende el éxito; esas nimiedades cuya explicación transforma al lector de hoy en un ejecutor certero, capaz de fabricar y gobernar mañana mismo una batería del nuevo modelo, tan bien como pueda construir las y gobernarlas en la actualidad yo, después de largo tiempo de intentar arbitrios y llevar chascos y resolver conflictos y recibir vergonzosas lecciones de viles retazos de zinc, ó de torpes cacharros; arbitrios y chascos y conflictos y lecciones caros y penosos, que es bueno que él, el lector, se ahorre si ha de ser cierto que se escribe para utilidad positiva de los demás y no para halago de la vanidad propia.

Y aquí termino, mi querido amigo y colega, esta primera parte, prometiéndole, Dios mediante, comunicarle para el próximo número algo que me parece de interés en el orden teórico, relativo á la nueva pila, para venir á parar á sus aplicaciones concretamente clínicas.

PARTE TEÓRICA

I

¿POR QUÉ EMPREDÍ EXPERIMENTOS?

Un día—hará cosa de año y medio—cuando por tanteos andaba yo concertando en mi mente el proyecto del nuevo *Laboratorio político de Clínica general*, que hoy felizmente está próximo á inaugurarse en San Carlos, ocurrióseme entrar en un comercio de instrumentos de la calle del Príncipe á preguntar por el importe de un poliscope Trouvé que en los aparadores ví expuesto, y como el dependiente me contestara que el precio del aparato era de 70 duros, concretéme á murmurar «¡caro es!», y, saludándole, salíme á la calle

resuelto á no cejar hasta haber logrado construirme uno mejor y más barato. En lo de *barato* bien yo sabía que no trabajaría en beneficio mío, sino de los demás; pues la vida experimental es asaz cara, y en cuanto á lo de *mejor*, declaro sinceramente que en aquella sazón no poseía yo los conocimientos necesarios para hacer buena mi baladronada; pues sobre no ser muy fuerte en las profundidades de la electrología, alcanzábaseme lo bastante para comprender que ésta, científicamente hablando, es hoy la parte más obscura y vaga de la Física.

La ejemplar amabilidad de mi estimado compañero de claustro, señor Marqués del Busto, puso en mis manos el ejemplar que él poseía del poliscopio de Trouvé, recién traído de París, y tal carta blanca me dió para practicarle en su manejo, que á las dos horas de habérmelo enviado, ya le tenía, según mi arraigada costumbre, hecha, tornillo por tornillo, la anatomía. Corregidos desde luego dos graves descuidos de construcción que de París traía, y que no le consentían funcionar, comencé á experimentar en él; y en el espacio de los dos meses primeros no entraba yo en mi casa, ni de ella salía, ni iba ni venía por el pasillo inmediato á mi laboratorio particular, ni me brindaban mis enfermos respiro que yo no aprovechase para entrar á ver cómo marchaban las pilas, qué señal daba el galvanómetro, qué grado de luz la mecha de platino, etc., etc.; es decir, que logré ponerme en aquel punto á que el hombre debe llegar para conseguir algo de algo; en aquel punto, en fin, en que siendo uno por dentro todo sensatez, da motivo exterior á los demás para que le tengan por un si es no es tocado de manías. Al poco tiempo, viendo la escasa energía de la batería de Trouvé, sustituíla, como él mismo aconseja, por dos elementos de Bunsen de 18 centímetros, logrando de éstos, á fuerza de prolijo empeño, increíbles condescendencias en regularidad y duración; mas la pila de Bunsen, que será siempre un poderoso punto de partida para estudios de laboratorio, no será nunca abonada para soluciones prácticas, industriales, expeditas. En tales pilas el ácido nítrico si da emanaciones nitrosas, se hace insoportable; y si no las da, es que se ha puesto inservible.

Y heme ahí entré dos pilas, la de Trouvé-Callaud y la de Bunsen, y sin criterio bastante robusto para salir adelante con mi empeño; el cual consistía, como antes dije, en inventar un poliscopio mejor y más barato que aquel cuyo precio había sublevado mi sentido mercantil en la consabida tienda de la calle del Principe.

No había, pues, en mi caso más alternativa que estudiar ó renunciar al empeño; y estudié.

A los seis meses más, y á ratos de los que se llaman perdidos, y que bien aprovechados son un caudal, tenía ya estudiados experimentalmente más de 30 modelos de pila, ó sea, todos los de alguna significación entre los 70 que registra la Física contemporánea.

He aquí ahora:

II

¿QUÉ EXPERIENCIA REPORTE DE MIS ENSAYOS?

Las pilas del tipo Volta y todas sus derivadas y análogas, animadas, ya por un solo ácido, ya por una sola sal, son muy enérgicas en los primeros momentos; mas á poco de funcionar sucumben por efecto de inevitable polarización. Marche la pila con un ácido, marche con una sal; estén libres en el líquido los electrodos, ó aislados recíprocamente por telas ó vasos permeables, siempre á la corta los desprendimientos gaseosos de la descomposición, atraídos por el electrodo de contraria naturaleza (por ejemplo, el hidrógeno atraído por la placa eléctrica de cobre), neutralizan la influencia galvánica de este electrodo sobre el opuesto, y como quiera que esta neutralización, que es la expresión más genérica del hecho de la polarización, se produce en razón directa de la energía inicial, resulta invencible el defecto de todas las pilas del grupo á que hago referencia. De suerte que, una vez experimentadas las más de ellas, comprendí por qué razón han caído por punto general en desuso, no habiendo ninguna de ellas sido aplicada en ningún tiempo á los especiales fines de producir luz y fuego, ni á otro alguno de los que reclaman constancia y energía: quedando alguna de ellas utilizable para la telegrafía, por cuanto siendo éste un servicio intermitente, permite que la polarización producida á *circuito cerrado*, venga á disiparse por sí misma durante el descanso á *circuito abierto*.

Las dos pilas de Grove, es decir, la que lleva su nombre (zinc, ac. sulf.—platino, ac. nitr.) y la que lleva indebidamente el nombre de Bunsen (zinc, ac. sulf.—carbón, ac. nitr.), pues éste no hizo más que propagarla, resultan, después de bien experimentadas, un feliz mejoramiento de la pila originaria de Volta, en cuanto á la intensidad y á la duración relativa de ésta; mas de ningún modo una idea fundamentalmente nueva, una nueva concepción del proceso galvanogénico. En efecto, aunque la fuerza electromotriz y la cantidad de trabajo son enormes en las primeras horas, por efecto de la gran capacidad que el ácido nítrico tiene para ceder oxígeno al hidrógeno

liberado por la oxidación del zinc y formar agua, ello es que, por horas, el depósito nítrico se va naturalmente hidratando y empobreciendo de oxígeno, y, en consecuencia, que ambas pilas, así la de Grove como la llamada de Bunsen, no son en el fondo más que pilas del tipo Volta, es decir, condenadas á comenzar á morir desde el punto y hora en que principian á funcionar; pero con la añadidura de una especie de *cordial* (ácido nítrico) que les presta vigor prolongándoles la agonía. Mas como precisamente por causa de ese *cordial*, por la intervención de ese ácido nítrico las pilas de Grove y Bunsen resultan caras, incómodas y peligrosas en proporción de la mayor energía que el propio ácido les infunde, de ahí que ninguna de ellas pueda mirarse ni como una solución, ni como camino recto del *desideratum* de la pila hidro-eléctrica.

Tal es, en términos perentorios, mi concepto experimental de las dos citadas pilas y de sus escasas variantes.

Deseoso, sin embargo, de seguir en este sentido crítico toda la ruta, sujeté á experimentación metódica una familia de pilas que solo conocía prácticamente un poco como médico, aunque mucho como cirujano. Refiérome á las pilas llamadas de *mezcla despolarizante*, ideadas por Bunsen en 1841, simplificadas por Poggendorff y modificadas considerablemente por Grenet, Camacho y Trouvé; en forma de botella por el primero, de batería ordinaria por el segundo, y de batería corrida, ó de una sola tina común, por el tercero, con aplicación respectivamente á los usos generales, á la terapéutica y á la medicina operatoria.

El resultado de mis recientes ensayos de laboratorio, fué confirmarme en la idea que de estas pilas, por mi dilatada práctica quirúrgica, tenía adquirida. La fuerza inicial de las pilas de mezcla despolarizante no tiene ejemplo entre las hidro-eléctricas; puede llegar á ser enorme. Recuerdo que una vez en Barcelona, hará cosa de diez años, disponiéndome á extirpar por la galvano-cáustica un epitelioma de la lengua, quise ensayar, como de costumbre, antes de comenzar la operación los ingredientes que tenía dispuestos para poner en función la máquina, y como viese que andaba ésta muy remisa en producir electricidad, y que no se perdía el resultado por la batería, la cual se hallaba en perfecto estado, envié con urgencia por nuevos ingredientes á la justamente acreditada botica del Dr. Aguilar, y sucedió, que fueron tan *de veras* el ácido sulfúrico y el bicromato potásico por dicho farmacéutico remitidos para sacarme del paso, que á la primera arremetida de la máquina nuevamente cargada, en cuanto corrió el botón para cerrar el circuito, el mango, que

no tenía regulador, se rajó por casi todo su largo, y tuve que soltarle de las manos: tal era el ardimiento del platino. Por fortuna, con un poco de ingenio y un mucho de serenidad, eché al mango el oportuno remiendo, aguardé á que la batería humillara un tanto sus alardes y ejecuté mi operación felizmente. Y henos aquí conducidos al reconocimiento del punto flaco de este género de pilas: la tendencia á la debilitación, por no alcanzar ni las substancias despolarizantes químicas, ni los aparatos agitadores ó despolarizantes físicos, á conseguir en la práctica los fines de la teoría. Este mismo defecto le he visto confirmado en mis recientes ensayos metódicos. Ordinariamente estas máquinas dan de sí, bien manejadas, lo suficiente para una larga sesión quirúrgica; mas siempre lo dan de un modo precario: además de que su instalación junto á la cama operatoria es, como dicen los franceses, *encombrante* (embarazante), y solo exige personal dedicado á su administración y servicio. Por esto ha hecho tan pronto fortuna el termo-cauterio de Paquelin, con todo y ofrecer algunos inconvenientes y reclamar uno, ó á las veces dos ayudantes para mantenerle en ejercicio; siendo de esperar que á éste sustituya el aparato policáustico alimentado con mis pilas, el cual, como en su lugar se verá, ni exige personal ni requiere emplazamiento expreso, sino que se coloca, reducido como es, debajo de la cama operatoria, desde donde por medio de los conductores presta, á discreción del cirujano, el servicio electro-cáustico cuando, cuanto y como conviene.

Volviendo al interrumpido relato de mis ensayos, diré, que tras de los experimentos sobre las propiedades de las pilas de *liquido despolarizante*, dime á ensayar las de varias otras, pertenecientes á los dos grupos llamados *pilas de óxidos* y *pilas de cloruros*. De unas y otras, pronto me desengañé, en lo que se refería á mi objeto, pues si bien algunas poseen cierta energía y otras no despreciable regularidad, ninguna se presta á una cantidad de trabajo de regular importancia, por lo caras y peligrosas que para este caso resultarían. Quiero decir, que si las mejores pilas de óxidos, por ejemplo, la de Leclanché, no me servían á causa de su inconstancia, en cambio, las mejores pilas de cloruros, por ejemplo la de Gaiffe, con toda su energía, tampoco me hacían al caso, porque su naturaleza no les consiente pasar de las proporciones de dijes eléctricos ó pilitas portátiles; y por más que lo que yo buscaba no era la solución al problema de la iluminación pública por la electricidad, pues éste ya está resuelto por los resultados termo-eléctricos de las máquinas de vapor, ello es que no podían ni podrán nunca las pilas de óxidos, ni menos las de cloruros,

resolver el problema que yo me había planteado, esto es, el problema del generador intermedio, insustituible por los grandes y por los chicos; de ese generador, que es precisamente el que hacía falta á la inmensa mayoría de las industrias en general y al servicio clínico en especial. Más claro, por una imagen; perfeccionados ya los relojes de faltriquera y los relojes de campanario, hallar el medio de perfeccionar los relojes de pared; he aquí en términos, aunque figurados, concretos, el objeto de mis experimentos; he aquí por qué las pilas últimamente citadas no hacían á mi propósito.

Vengamos, por último, á la pila de Daniel. Cuanto más se experimenta este generador galvánico, más y más se convence uno de cuán original y brillante fué el pensamiento que le engendró. En tesis general, no hay pila hidro-eléctrica que no sea poco ó mucho prima hermana de la de Volta; solo la de Daniel forma linaje aparte; por esto se halla exenta del pecado original de las demás: la inconstancia, por la propensión á polarizarse. La genuina pila de Daniel no se polariza, porque no está en su naturaleza polarizarse; y si algunas de entre las 16 á 20 derivadas suyas se polarizan, es porque sus autores, persiguiendo el ideal de la energía, descuidaron en sus respectivos modelos alguna de las condiciones esenciales para la constancia. Tal acontece, por ejemplo, con las pilas llamadas de Callaud y de Trouvé-Callaud.

El pensamiento de Daniel no puede ser más original y concreto: para que el electrodo cobre no se cargue de hidrógeno, hacer que constantemente se cargue de nuevo cobre reducido, facilitando de esta suerte y por medio del vaso poroso, que el hidrógeno se quede pegado al zinc. En otros términos: que en lugar de acumularse cada substancia reducida sobre el electrodo contrario, por la atracción eléctrica del mismo (polarización), cada substancia se adhiera por simple cohesión al electrodo de propiedades eléctricas semejantes. Logrado esto, lograda la constancia indefinida. Y esta constancia indefinida, mediante la combinación *zinc, ácido sulfúrico, cobre, sulfato de cobre*, fué el triunfo de Daniel.

Dotado, sin embargo, mi ánimo de la suficiente frialdad experimental (por más que mi condición es muy otra), no pudo mi creciente entusiasmo por la pila de Daniel cegarme hasta el punto de desconocer que ni esta pila, ni ninguna de sus derivadas, resuelven en su integridad el problema industrial y científico; antes al contrario, parecíame que estaba de Dios que la pila de Daniel no podría prevalecer nunca, y que, á semejanza de los sujetos linfáticos, que á cambio del beneficio de su sangre fría, se ven privados de las frui-

ciones de la fogosidad, jamás la flemática pila, por mí tan admirada, podría, modificando—no trocando—su temperamento, ostentar armónicamente hermanados el atlético empuje de la sangre y la inmutable constancia de la linfa.

Y precisamente en medio de estas consideraciones que me desalentaban, y como quiera que había experimentado mucho, y que jamás el trabajo es ingrato para con la inteligencia, surgió en mi mente una idea que, como chispa prendida en un reguerito de pólvora, me puso en un santiamén al cabo de la solución buscada.

III

¿QUÉ IDEAS ME SUGIRIÓ LA EXPERIENCIA PARA LA SOLUCIÓN DE MI PROBLEMA?

Esta es la parte esencialmente teórica de mi trabajo, y en su publicación adoptaré, á fin de ser á la vez claro y concreto, el método sintético, procediendo por consignación de principios, seguidos de su comentario ó prueba experimental.

Á la hora en que emprendí mis ensayos de revisión práctica de las pilas hidro-eléctricas, no tenía yo idea clara y distinta ni de qué cosa es *fuerza electro-motriz*, ni de qué diferencia media entre ésta y la *cantidad de electricidad*, ni, por último, de si existe ó no *relación* entre estas dos cosas y, en caso afirmativo, cuál sea ésta. De tal ignorancia no era mía la culpa (como lo es de la de tantas otras cosas), sino de la falta de claridad y distinción que aún domina sobre el particular en el campo de la electrología.

Ahora bien; una idea experimental y racional, clara y distinta de estas tres cosas, fuerza electro-motriz, cantidad de electricidad y relación de la una con la otra, ha sido el fruto intelectual y práctico de mis prolijos ensayos: fruto intelectual, porque me ha proporcionado un concepto científico de la electricidad, y fruto práctico, porque este concepto ha sido el alma de mi nueva pila.

Procedamos con orden, exponiendo primero los hechos ya reconocidos por los físicos, y segundo, los nuevos hechos que yo he podido observar, y las luminosas consecuencias que de éstos se deducen.

1.º Si en un punto cualquiera de un círculo electro-dinámico emplazamos un galvanómetro, la aguja imanada de éste sufre un desvío: este desvío nace de la conversión de la electricidad en motor, y la cantidad en grados de este desvío es la medida de la *fuerza electro-motriz*.

Consecuencia: que la *fuerza electro-motriz*, considerada en sí misma, es el *equivalente mecánico de la energía eléctrica*.

2.º Dado el desvío, por valor en grados x , de la aguja galvanométrica por una determinada corriente, este desvío se cambia en dirección contraria y valor en grados igual si la dirección de la corriente se invierte.

Consecuencia: que la aguja, al desviarse por la influencia de una corriente, acusa, no solo que la electricidad es una fuerza viva ó movimiento, sino también que el éter, en sus movimientos eléctricos, sigue una determinada dirección, ya que cambiado el sentido de la corriente, se invierte asimismo el desvío que ésta induce en la aguja.

3.º En igualdad de toda circunstancia, los electrodos de diferente *naturaleza* engendran corriente de distinto grado de *fuerza electro-motriz*; mientras que, en igualdad de *naturaleza*, la *fuerza electro-motriz* subsiste la misma, para dos pilas de diferente superficie de acción.

Prueba de lo primero.—Dada una pila, v. gr., *zinc-cobre-agua-ácido sulfúrico*, sustitúyase el electrodo de zinc por otro de estaño ó plomo de iguales dimensiones, y se verá cómo la aguja cambia su grado de desviación.

Prueba de lo segundo.—Supóngase una pila en función con una fuerza electro-motriz, v. gr., de 30°. Si entonces, cogiendo uno cualquiera de los electrodos se le va levantando con pausa, de suerte que gradualmente vaya quedando menos porción de él dentro del baño de la pila, se verá que constantemente la aguja sigue marcando los mismos 30°; solo cuando se le extrae por completo, quedando *ipso facto* desmontada la pila, cambia la aguja, pasando súbitamente á cero.

Consecuencia teórica.—Que la *fuerza electro-motriz* y la *cantidad de electricidad* son dos cosas distintas, puesto que la *cantidad* depende de la extensión superficial del electrodo activo, y la *fuerza electro-motriz* no.

Hasta aquí los datos recogidos por la ciencia y las legítimas deducciones á que éstos nos conducen.

Mas estos datos, si bien son ciertos, ni resultan formulados con la necesaria exactitud, ni son bastantes á sugerirnos un concepto realmente científico de la electricidad. He aquí ahora los fenómenos de que yo he hecho especial estudio, y la clara y completa teoría á que me han conducido, y cuyo primer fruto ha sido el nuevo modelo de pila.

I.—Si cogiendo uno de los electrodos de una pila dada, y manteniéndole siempre paralelo al otro, se lo voy acercando ó apartando, así aumentará ó disminuirá respectivamente la fuerza electro-motriz indicada por la aguja. Este fenómeno tiene lugar aunque medie entre ambos electrodos un vaso poroso.

Consecuencias teóricas.—1.^a Que la fuerza electro-motriz está en razón inversa de la distancia que separa los dos electrodos.

2.^a Que aumentando con la distancia el espesor del líquido y con éste su resistencia, resulta que la fuerza electro-motriz está en razón inversa de la resistencia del líquido.

Consecuencia práctica.—Que es de rigor construir las pilas de manera que sus electrodos disten entre sí lo menos que sea posible, dejando por fuera del electrodo exterior un espacio de circunvalación bastante grande á los fines prácticos de que los compuestos solubles que resultan del trabajo químico, teniendo cantidad sobrada de líquido en que difundirse, no produzcan muy á menudo su saturación y la consiguiente necesidad de cambiarlo.

II.—Dada una pila con electrodos planos y co-paralelamente dispuestos (á una distancia no importa cuál), si con cautela cogemos uno de los dos electrodos, y de un solo lado lo vamos alejando del otro electrodo (bien como se suele abrir un libro moviendo una sola de sus cubiertas), observaremos que, conforme el ángulo de incidencia de los dos electrodos entre sí va aumentando, así va disminuyendo la fuerza electro-motriz indicada por el galvanómetro, llegando esta indicación á su *mínimum* en cuanto el electrodo *girante* llega á ponerse perpendicular á su compañero. Si en esta situación proseguimos, iremos cerrando el ángulo entre la cara opuesta del electrodo girante y el electrodo fijo, y entonces, al compás que cerramos el ángulo, crecerá la fuerza electro-motriz, la cual recobrará su *máximum* cuando los dos electrodos vuelvan á estar paralelos.

Consecuencias teóricas.—1.^a Que estando la fuerza electro-motriz en razón inversa de la distancia, lo está también de la oblicuidad, por cuanto el término medio de las distancias parciales, para una oblicuidad dada, siempre es mayor que la distancia mínima del primitivo paralelismo.

2.^a Que si entre las caras comunicantes (ó que se miran) de los electrodos la posición perpendicular arroja el *mínimum* de fuerza electro-motriz y la paralela el *máximum*, es evidente que las contracasas ó reversos de dos electrodos paralelos darán *cero* trabajo eléctrico y solo trabajo químico ó perdido.

Consecuencia práctica.—Que las caras de reverso de los electrodos,

y sobre todo del activo, deben ser engrasadas, á fin de ahorrarles un trabajo químico inútil y prolongar, en consecuencia, el servicio del electrodo.

III.—Cuando uno mismo se ensaya en fabricar galvanómetros tiene ocasión de observar, que la susceptibilidad de la aguja está en razón inversa del diámetro del alambre que forma su bobina ó circuito local de excitación, ó, en otros términos; que una misma corriente, donde encuentra porción de alambre de más superficie ó diámetro, allí da menos *fuerza electro-motriz* y menos *tensión*; y viceversa, donde encuentra porción de alambre de menos superficie ó diámetro, allí da más *fuerza electro-motriz* y más *tensión*.

Consecuencias teóricas.—1.^a Que en los conductores la fuerza electro-motriz está en razón directa de la *tensión* é inversa de la resistencia ó superficie.

2.^a Que la fuerza electro-motriz es una cosa muy relativa; puesto que una misma pila puede señalar al mismo tiempo, en dos distintos puntos del circuito, diferentes grados, por medio de sendos galvanómetros excitados por trozos de alambre de diámetros diversos.

3.^a Que esta relatividad de la fuerza electro-motriz, según el diámetro del conductor, explica cómo en los tres supuestos puntos de un circuito puede una misma batería dar: en el punto de diámetro mayor una corriente solo sensible á la aguja; en el punto de diámetro mediano una corriente perceptible como calor, y en el punto de diámetro mínimo una corriente perceptible como luz; siendo ésta la expresión de la máxima fuerza electro-motriz.

Consecuencia práctica.—Que dado un sistema de pilas debe siempre medirse su *fuerza electro-motriz* por un mismo galvanómetro, ó por galvanómetros de construcción exactamente igual.

IV.—Si al montar una pila sin vaso ni diafragma permeables, y de *fuerza electro-motriz* bien determinada, envolvemos uno de sus electrodos en una funda ó vaso permeable bien secos, observaremos que de pronto la aguja marca una gran baja en la *fuerza electro-motriz*; pero que desde luego gradual é incesantemente vuelve ésta á aumentar hasta restablecerse á las dos ó tres horas en su primera posición ó indicación máxima. Mas si en lugar de haber antes secado el diafragma, lo aplicamos previamente bien humedecido, entonces la aguja no se inmuta por la intromisión del intermedio poroso entre los dos electrodos.

Sabido es, pero no huelga recordarlo, que en experimentos sobre diafragmas porosos hay que tomar en cuenta, además de la porosi-

dad del diafragma, el poder más ó menos conductor de la substancia misma que lo constituye.

Consecuencia teórica.—1.^a Que el mayor vaso poroso será aquel que reúna á mayor conductibilidad mayor permeabilidad, sin perjuicio de la conveniente resistencia y consistencia.

Consecuencia práctica.—Que cuando conviene que el trabajo de una pila de vaso poroso comience al *máximum*, es menester aplicarle este vaso previamente empapado en agua.

Tales son los fenómenos que en la serie de mis experimentos me han llamado la atención; tales las consecuencias teórico-prácticas inmediatas que de ellas he deducido.

He aquí ahora, expuestas en forma sintética, por *definiciones* y *comentarios*, sus consecuencias mediatas ó generales, es decir, la *Teoría de la electricidad*, tal y como estos hechos y estas consecuencias me la han sugerido.

¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?—Es, al igual que la *luz* y el *calor*, una *función ondulante longitudinal del éter*, inducida por la agitación molecular de los cuerpos.

Comentario.—La agitación física da la electricidad llamada *estática*; la química da la electricidad llamada *dinámica*; más ambas á dos son dinámicas en el fondo; pues ambas tienden á la propagación, y si no la logran por descarga brusca, la alcanzan por descarga lenta ó difusión gradual incesante en el medio en que se agitan. Así proceden los únicos *depósitos* de electricidad conocidos; la *botella* de Leyden (depósito de electricidad estática) y la *botella* ó *pila secundaria* (depósito de electricidad dinámica); diferenciándose una de otra *tan solo en el tiempo empleado* en descargarse por *difusión* natural ó descarga lenta. Más breve; ambas son *botellas*, porque almacenan y conservan; pero ambas son como botellas de tierra porosa, pues al igual que éstas van perdiendo sin cesar el fluido que contienen en depósito, y solo se diferencian en la mayor ó menor presteza con que lo dejan escapar (1).

¿QUÉ ES LA FUERZA ELECTRO-MOTRIZ?—Es á la electricidad lo que el color á la luz: la cantidad de revoluciones ú ondulaciones del éter por segundo.

Comentario.—Así se explica, y solo así, por qué razón pueden ser distinta cosa *fuerza electro-motriz* y *cantidad de electricidad*, ó en otros

(1) No incluyo en esta exposición el magnetismo, por cuanto considerada la tierra su generadora como un aparato termo-eléctrico, queda reductible en general su acción á una ú otra de las dos especies clásicas de la electricidad que en mi teoría comprendo.

términos, por qué razón, en igualdad de naturaleza, una pila grande y otra chica dan la misma fuerza electro-motriz, á pesar de dar la grande cantidad grande de electricidad, y la chica cantidad chica. De suerte que estas dos cantidades desiguales, de fuerza electro-motriz igual, son como dos fuegos de Bengala de desigual tamaño, pero de color azul ó rojo ó verde, de todo en todo iguales.

Esto es tanto más evidente, cuanto que al convertirse la electricidad en fuego y luz, *cambia el color de su luz, al compás que cambia su fuerza electro-motriz*, siendo la luz blanca la correspondiente á la fuerza electro-motriz máxima.

Todavía hay más. Esta analogía rige así en la *producción* como en la *conducción* de la electricidad; así, la misma corriente que en un alambre delgado da luz roja, en otro delgadísimo, de tensión y fuerza electro-motriz máximas, da luz blanca.

Tratando pues, de definir científicamente estas dos manifestaciones de la mecánica etérea en función eléctrica; *cantidad* y *fuerza* diremos:

CANTIDAD DE ELECTRICIDAD es el total *trabajo* de una superficie electrogénica en un tiempo dado, ó sea su *trabajo absoluto* (producción).

FUERZA ELECTRO-MOTRIZ, ó equivalente mecánico de la electricidad, es el *cociente que resulta de la división del trabajo por cada unidad de superficie en un tiempo dado*, ó sea el *trabajo relativo* (tensión).

Comentario.—Sean dos planchas metálicas de igual naturaleza: una de superficie = 3, y otra de superficie = 6. En ésta, la *cantidad de electricidad* producida en un tiempo dado será doble que en aquélla.

Mas sean otras dos planchas de distinta naturaleza, pero de igual superficie, = 3 entrambas, y supongamos que una de ellas produce en un tiempo dado una *cantidad de electricidad* = 3, mientras que la otra, bajo los propios supuestos y en igual tiempo, produce *cantidad de electricidad* = 6.

Dados estos supuestos, tomados de la realidad y resultando que $\frac{3}{3} = 1$ y $\frac{6}{3} = 2$, tendremos en estos cocientes 1, 2 la expresión de la *fuerza electro-motriz* de cada una (1,2), y la razón de la de entrambas comparadas, que será :: 1 : 2.

¿Por qué? Porque el trabajo que no se da por *superficie*, no tiene más recurso que darse por *tensión*, por aumento de actividad, por aceleración de ondulaciones etéreas; y como quiera que antes he demostrado que la *tensión* y la *fuerza electro-motriz* están en razón di-

recta, bien como dos conceptos de un mismo hecho en sí, resulta ser la *fuerza electro-motriz* lo propio que la tensión, el cociente que se obtiene dividiendo el *trabajo absoluto* de un tiempo dado (cantidad) por la unidad de superficie electrogénica.

Por las propias razones, si en un circuito, por causa de variar la extensión de superficie conductora (diámetro del alambre), varía la tensión, debe variar también la fuerza electro-motriz, como el cociente que resulta de dividir la cantidad conducida por la unidad de superficie conductora en un tiempo dado.

De donde resultan dos clarísimas verdades, á saber: 1.^a, que la *fuerza electro-motriz* es en puridad la cantidad relativa de electricidad, mientras lo que se llama *cantidad de electricidad* es su cantidad absoluta; y 2.^a, que las dos cosas, al paso que son científica y prácticamente diferentes, tienen un fondo de identidad natural que las pone y mantiene en una relación muy estrecha é importante.

¿CUÁL ES, ENTONCES, LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE LA FUERZA ELECTRO-MOTRIZ Y LA CANTIDAD DE ELECTRICIDAD?—La misma que existe entre el color y la cantidad de la luz, ó en términos científicos: siendo la tensión un aumento de cantidad por cada unidad de tiempo, no puede este aumento realizarse á pesar de ser *cantidad* sin la proporcionada aceleración de las revoluciones ú ondulaciones etéreas.

Comentario: Es cierto que si una luz azul crece en grandor ó en intensidad, no por ello deja de ser azul; pero esto es verdad hasta cierto punto; pues de otra parte es igualmente un hecho experimental que un cuerpo cualquiera (metal, carbón, aceite, etc.), conforme va entrando en incandescencia, va cambiando por grados el color de su luz hasta llegar al blanco, á medida que la tensión de su trabajo (térmico, eléctrico ó ígneo) va aumentando el cociente que resulta de su división por la unidad de espacio, dentro de cada unidad de tiempo. Esto ofrece el hierro en la forja al impulso del fuelle, esto el ascua del carbón, esto la mecha de platino, etc., etc., etc.

Puede la sola *intensidad*, en el sentido físico de la palabra (amplitud ondulatoria), aumentar en determinadas circunstancias la viveza de la luz ó del sonido sin variar su calidad (matiz, tono); mas obsérvese debidamente la naturaleza, y se verá que en cuanto esa viveza de luz ó de sonido determina aumento de trabajo en unidad de espacio y tiempo, provoca *ipso facto* un aumento de tensión y un cambio proporcionado de matiz ó de tono, del propio modo que en los fenómenos eléctricos produce un cambio en la fuerza electro-motriz. Así el látigo azotando el aire da una escala indefinida de to-

nos; así el fuelle atizando la lumbre de cok hace subir su mortecino rojo-cereza hasta el rojo blanco. Véase, pues, con qué cautela se ha de observar en todos sentidos antes de producir juicio en materia experimental, y con cuánta razón dije al principio que si los hechos reconocidos por los físicos son ciertos, dista mucho de ser exacta y precisa su interpretación. Parece que con decir «el aumento de intensidad de la luz, del sonido, etc., consiste en un aumento en la amplitud de las vibraciones» está ya dicho todo, y, sin embargo, hay aumentos de intensidad que determinan un aumento de tensión y no un aumento de amplitud, y si el diapasón deja cierto lo que la ciencia afirma, el látigo, el hogar, el arpa eólica, la mecha de platino y cien fenómenos más hacen verdadero, demostrativo, el reparo que acabo de poner al absolutismo de aquel enunciado.

Resumiendo: estas son las verdades experimentales que he podido recabar de la naturaleza; este mi punto de partida para la teoría que acabo de exponer y que, aclarando el enigma de la electricidad, completa y simplifica la doctrina unitaria de la mecánica del universo, mediante la reducción de las funciones eléctricas del éter á una mera variante cuantitativa de su sistema general de ondulaciones.

Mi teoría es sencilla, porque estriba toda ella en una sola verdad; es práctica porque ha nacido en el laboratorio; es completa porque abarca todos los casos; es transcendente porque aclara el concepto mecánico universal, y paréceme, en fin, verdadera porque explica todos los hechos sin que ninguno la desmienta.

Bajo el punto de vista práctico, bastará que consigne lo que me ha pasado á mí mismo. Todos estos razonamientos, que puestos en cuartillas suponen horas de escribir, se me ocurrieron un día, en un momento de pensar, y al punto me valieron como resultado útil la idea completa del modelo hidro-eléctrico que en su lugar describí, y que resolvió mi problema de adunar en una sola pila la constancia en la energía y la energía en la constancia, y el indispensable cortejo de ventajas económicas y prácticas que las industrias en general y la técnica clínica en particular exigen.

Suspendo aquí, pues, la tarea, para ocuparme otro día en la aplicación médica del nuevo generador.

(*Revista de Medicina y Cirugía prácticas*, 1881.)