

FUENTES Y DOCUMENTOS

ALESSANDRO VOLTA: SOBRE LA ELECTRICIDAD EXCITADA POR EL SIMPLE CONTACTO DE SUBSTANCIAS CONDUCTORAS DE DISTINTAS ESPECIES

EMMA SALLEN T DELCOLOMBO
Universitat de Barcelona

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta una traducción integral¹ de la carta escrita por el físico italiano Alessandro Volta, comunicando los experimentos llevados a cabo con el aparato que posteriormente será universalmente conocido como la pila de Volta.

El 20 de marzo de 1800, Alessandro Volta escribe una carta, en francés, al entonces presidente de la Royal Society, Sir Joseph Banks, en la que analiza algunos de los experimentos llevados a cabo con un aparato, al que denomina *Órgano eléctrico artificial*, por sus analogías con el órgano eléctrico natural del pez torpedo o de la anguila eléctrica. El 1 de abril del mismo año, Volta escribe de nuevo a Banks informándole sobre el envío de la memoria anterior, aclarando algunos puntos y añadiendo otros [VOLTA, 1918, I, p. 587]; de las dos contribuciones se obtiene una sola que es leída ante los miembros de la Royal Society el 26 de junio de 1800 y aparece posteriormente en *Philosophical Transactions* [VOLTA, 1800, p. 403]. El artículo es publicado en inglés en *Philosophical Magazine* ese mismo año [VOLTA, 1999, Foreword].

El autor no sólo explica minuciosamente la estructura y el proceso de construcción del aparato, así como el de otro que denomina *de corona de tazas*, además de sus aplicaciones más relevantes, sino que también describe, con todo detalle, los efectos del paso de la corriente eléctrica sobre los sentidos. Comenta además que las experiencias

llevadas a cabo abren múltiples posibilidades de aplicación y estudio en particular al campo de la medicina. Basándose en el principio de que la electricidad se produce por el contacto mutuo de metales de distintas especies², en particular plata y zinc, desestima la llamada electricidad animal de Galvani, y clama la obtención de una fuente perpetua de fluido eléctrico. En 1791 Luigi Galvani, profesor de anatomía en la Universidad de Bolonia, había publicado su famoso estudio sobre la excitación eléctrica de las patas diseccionadas de una rana³. En él, el autor explica la contracción de la pata de la rana al completar el circuito a través del nervio crural y el músculo de la pata, como el resultado directo de la descarga de un *fluido nervo-eléctrico*, acumulado con anterioridad en el músculo que actuaría como una botella de Leiden [HEILBRON, 1976, p. 69]⁴. Resulta sorprendente el poco espacio dedicado por Volta en el texto a la polémica con Galvani y sus partidarios sobre el origen de la electricidad. De todas formas aunque las interpretaciones más generalizadas consideran que la pila de Volta representó el golpe final a la electricidad animal de Galvani, Mertens [MERTENS, 1998] ve la carta del 20 de marzo como parte de una estrategia en la que la pila constituye un instrumento de demostración publica encaminada a promover el reconocimiento de la electricidad metálica en ocasiones ante colegas, con instrumentación sofisticada y medidas cuidadosas, y en otras ante el público en general evitando en lo posible los aparatos de medida.

APUNTES BIOGRÁFICOS^{5,6}

Alessandro Volta nació en Como el 18 de febrero de 1745, de una familia noble, casi extinguida debido a su dedicación a la iglesia católica. En efecto, sus tres tíos paternos siguieron la carrera eclesiástica y su padre dejó, tras once años, la compañía de Jesús para asegurar la continuidad familiar. De sus seis hijos, fruto del matrimonio con Maddalena dei Conti Inzagui, Alessandro, el más joven de los tres varones, escapó por poco del reclutamiento de sus primeros maestros los Jesuitas; sus otros tres hermanos varones siguieron las carreras de sus tíos paternos.

Aunque practicó activamente la religión católica, no debemos sin embargo pensar, que fuera ascético o remilgado, fue un hombre vigoroso que en palabras de su amigo Lichtenberg sabía mucho de la electricidad de las mujeres [HEILBRON, 1976, p. 69].

Aunque sus tíos esperaban que se dedicara al derecho, él prefirió el estudio de la electricidad. Estudió los trabajos de Nollet y de Beccaria, autoridad en electricidad a principios de 1760. Puesto que no tenía acceso a los costosos aparatos habituales, se vio obligado a desarrollar su genio por la instrumentación eficaz y de bajo coste que sería determinante para su futura carrera⁷.

En octubre de 1774 consiguió su primer cargo académico en el *Ginnasio* de Como. La gran reputación que le vino del descubrimiento de metano en 1776, le ayudó

a conseguir ayuda del gobierno austriaco, que entonces controlaba el ducado de Milán, incluyendo Como, para un viaje a los centros de enseñanza más importantes de Suiza y Alsacia. La ayuda estatal le llegó a través del ministro, el conde Carlo di Firmian, y se enmarcaba en el intento de modernizar las estructuras educativas de la región. Di Firmian le concedería también a Volta la plaza que conservaría durante casi cuarenta años de profesor de Física Experimental en la Universidad de Pavía. Financiado por el gobierno austriaco, Volta viajó a Francia e Inglaterra en 1781 y 1782 y a Alemania en 1784.

En 1800, después del restablecimiento de la República Cisalpina por parte francesa, Volta recuperó la plaza de profesor que había perdido en la última incursión austriaca⁸. Un año después viajaría con su colega L. Brugnatelli, a París para expresar directamente su gratitud al Primer Cónsul. Volta realizó delante de Napoleón algunas demostraciones de su pila. Éste propuso que se le concediera la medalla de oro del Institut de France, del cual era miembro. Los honores concedidos por Napoleón no fueron sin embargo los únicos que recibió Volta: la Royal Society de Londres lo eligió miembro en 1791 y tres años después le concedió la prestigiosa Copley Medal. Fue *correspondent* de la Academia de las Ciencias de Berlín a partir de 1786, y miembro foráneo de la de París a partir de 1803. Su fama le trajo retribuciones considerables y en los últimos veinte años de su vida sus ingresos fueron los de un hombre rico.

CONSIDERACIONES FINALES

En el marco del Congreso Internacional: *Bicentenary of the Invention of the Battery. Pavia-Como Conferences* se publicaron las dos versiones anteriormente citadas (el original en francés y la traducción inglesa), junto con la traducción al alemán hecha con motivo del primer centenario y otra traducción moderna al italiano [VOLTA, 1999]. La presente traducción al castellano del texto original representa, pues, una contribución más a la divulgación de un documento de indudable interés histórico, cuando se cumple el segundo centenario de su publicación.

AGRADECIMIENTOS

Voldria agrair a Xavier Roqué Rodríguez l'ajut, la confiança i els ànims sense els quals aquest treball no s'hagués dut mai a terme. Vorrei ringraziare Enrico A. Giannetto per avermi suggerito l'idea di fare questa traduzione e per la sua gentilezza nel favorirmi il Volta [1999]. Lucio Fregonese per l'informazione contenuta nelle note i) e ii) della traduzione. Muchas gracias a Luis Navarro Veguillas por su ayuda, sus comentarios y sugerencias. Gràcies també a Enric Pérez Canals, José M. Pozo Soler i Josep M. Parra. El presente trabajo ha sido en parte financiado por el proyecto PB96-0384 de la DGICYT.

On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K.B. P. R. S.

Como, en el Milanesado, 20 de marzo de 1800.

Después de un largo silencio, por el que no intentaré excusarme, tengo el placer de comunicaros, Señor, y por mediación vuestra, a la Sociedad Real, algunos resultados sorprendentes a los que he llegado, prosiguiendo mis experimentos sobre la electricidad excitada por el simple contacto mutuo de metales de distintas especies, así como por el de otros conductores, (igualmente distintos entre ellos), sea líquidos, sea embebidos de algún humor, al que propiamente deben su poder conductor. El principal de estos resultados, que engloba, prácticamente, a todos los demás, es la construcción de un aparato similar por sus efectos, es decir, por la conmoción que provoca en los brazos, etc., a las botellas de Leiden⁹, o mejor todavía a las baterías eléctricas¹⁰ débilmente cargadas. Éstas últimas actuarían, sin embargo, sin parar, de manera que la carga se restableciera por sí misma, después de cada explosión. El aparato del que os hablo gozaría, por tanto, de una carga indefectible, de una acción, o impulso perpetuo sobre el fluido eléctrico. Éste, aun teniendo cierto parecido con las botellas y con las baterías eléctricas ordinarias, difiere sin embargo de ellas, tanto por la acción continua que le es propia como por su misma estructura. Botellas y baterías consisten en una o más placas aislantes, en capas delgadas de los cuerpos supuestos como los únicos *eléctricos*, armados de conductores o cuerpos así llamados *no-eléctricos*. Mi dispositivo, en cambio, está formado por muchos de estos últimos cuerpos, escogidos entre los mejores conductores, considerados hasta ahora, como los más alejados de la naturaleza eléctrica. Sí, el aparato del que os hablo, y que os sorprenderá sin duda, no es más que el ensamblaje de un número de buenos conductores de diferentes especies, dispuestos de una manera determinada. 30, 40, 60 o más piezas, de cobre, o mejor de plata, aplicadas cada una a una pieza de estaño, o, lo que es mucho mejor, de zinc, y un número igual de capas de agua, o de algún otro líquido que sea mejor conductor que el agua común, como el agua salada, la lejía, etc.; también pueden usarse pedazos de cartón o de piel, bien embebidos de estos humores. Todo lo que constituye mi aparato es la sucesión alternada, siempre en el mismo orden, de tales capas interpuestas entre cada pareja o combinación de metales distintos. Con ello se consigue imitar, como he dicho, los efectos de las botellas de Leiden o de las baterías eléctricas provocando la misma conmoción que éstas últimas. La actividad de mi dispositivo, puede, sin embargo, compararse sólo con la de las baterías cargadas muy débilmente (que de todas maneras tienen una capacidad inmensa), por lo que respecta a la fuerza y al ruido de las explosiones, a la chispa, a la distancia a la cual puede efectuarse la descarga. Éste, no obstante supera infinitamente la virtud y el poder de tales baterías, no sólo porque no necesita ser cargado con anterioridad mediante electricidad externa, sino también porque es capaz de producir conmoción cada vez que se toca de manera conveniente (sea cual sea la frecuencia de estos contactos).

A este aparato, similar en el fondo, como mostraré, y por como lo he construido, también en la forma, al *órgano eléctrico natural* del pez torpedo, de la anguila eléctrica, mucho más que a la botella de Leiden, y a las baterías eléctricas conocidas, querría llamarle *Órgano eléctrico artificial*. ¿No está éste, como aquél, compuesto únicamente por cuerpos conductores? ¿No actúa además por sí solo, sin ninguna carga precedente, sin la ayuda de electricidad excitada por cualquiera de los medios conocidos hasta ahora; en acción incesante y sin tregua? ¿No es capaz de dar en todo momento conmociones más o menos fuertes, según las circunstancias, que redoblan a cada contacto, y que repetidas con frecuencia, o de manera continuada durante cierto tiempo, producen el mismo entumecimiento de miembros que causa, por ejemplo, el pez torpedo?

Voy a daros aquí una descripción más detallada de este aparato y de algunos otros análogos, así como de las experiencias relacionadas más remarcables.

[Descripción del aparato de columna]

Me proveo de algunas docenas de pequeñas placas redondas o de discos, de cobre, de latón o mejor de plata, de una pulgada de diámetro más o menos, (por ejemplo, unas monedas) y de un número igual de placas de estaño, o, mucho mejor, de zinc, más o menos de la misma forma y tamaño; digo, más o menos, porque en realidad no se requiere gran precisión, y, en general, tanto las dimensiones, como la forma, de las piezas metálicas es arbitraria; se debe solamente tener cuidado de poder disponerlas cómodamente las unas sobre las otras en forma de columna. Preparo además un número bastante grande de pequeños discos de cartón, de piel, o de cualquier otra materia esponjosa, capaz de absorber y retener gran parte del agua. Para el éxito del experimento se requiere que estos últimos estén bien empapados del humor correspondiente. Estas rodajas o pequeños discos que llamaré discos embebidos, los hago un poco más pequeños que los discos o placas metálicas, de manera, que superpuestos a estos, de la manera que diré a continuación, no alcancen los bordes.

Teniendo a mano todos estos objetos en buen estado, es decir los discos metálicos adecuados y secos y los otros bien embebidos de agua común, o mucho mejor, de agua salada, secados después ligeramente para que el líquido no gotee, no me queda nada más que disponerlos de manera conveniente, de un modo muy sencillo.

Coloco horizontalmente sobre una mesa o sobre una base cualquiera, uno de los platos metálicos, por ejemplo, uno de plata, y sobre éste primero adapto un segundo plato de zinc; sobre éste extiendo uno de los discos mojados; seguidamente otro disco de plata, seguido inmediatamente de uno de zinc, al que hago seguir de otro disco mojado. Continuo así, de la misma manera, emparejando un disco de plata con otro de zinc, siempre en el mismo sentido, es decir, siempre el de plata abajo y el de zinc arriba, o viceversa, según haya empezado, e interponiendo a cada una de estas parejas, un

disco mojado; continuo formando, con varios de estos pisos, una columna tan alta que pueda sostenerse sin derrumbarse.

Si llega a contener cerca de 20 de estos pisos o parejas de metal, no sólo será capaz de dar señales en el electrómetro de CAVALLO, (ayudado por un condensador), más allá de los 10 o 15 grados, de cargar este condensador con un simple contacto, hasta el punto de hacerle producir una chispa, sino también de hacer estremecer los dedos con los que se tocan las dos extremidades, (la cabeza y el pie de una tal columna), con uno o más pequeños golpes, más o menos frecuentes, según se reiteren dichos contactos. Cada uno de estos golpes es exactamente igual a la ligera conmoción que hace sentir una botella de Leiden débilmente cargada, una batería cargada mucho más débilmente todavía, o un pez torpedo extremadamente lánguido, que imita todavía mejor los efectos de mi aparato, por la secuencia de golpes repetidos que puede proporcionar sin cesar.

Para obtener ligeras conmociones del aparato, que acabo de describir, y que es todavía demasiado pequeño para grandes efectos, es necesario que los dedos con los que se tocan sus dos extremidades al mismo tiempo, estén humedecidos con agua, de manera que la piel (que de otra forma no es un conductor demasiado bueno), se encuentre bien empapada. Para lograr mejores resultados, y recibir conmociones considerablemente más fuertes, es necesario poner en contacto, mediante una lámina lo suficientemente ancha, o un hilo metálico grueso, el pie de la columna, es decir, el plato del fondo, con el agua de un barreño o de una copa bastante grande, dentro de la cual se tienen sumergidos uno, dos, tres dedos, o toda la mano, al mismo tiempo que se tocará la cabeza o extremidad superior, (el último o uno de los últimos platos de la columna), con la extremidad limpia de una placa también metálica, empuñada con la otra mano bien húmeda, que debe abrazar una gran superficie de la placa, agarrándola fuertemente.

Procediendo de esta manera, puedo ya obtener un pequeño picor, o una ligera conmoción, en una o dos articulaciones de un dedo sumergido en el agua del barreño, tocando, con la lámina empuñada con la otra mano, el cuarto o el tercer par de platos; tocando seguidamente el quinto, el sexto y a continuación los otros platos hasta el último, que constituye la cabeza de la columna, es curioso sentir como las conmociones aumentan gradualmente en fuerza. Esta fuerza es tal, que llego a recibir de una columna, formada por 20 pares de platos, (no más), conmociones que interesan a todo el dedo, y lo afectan además de manera bastante dolorosa, si está sumergido solo dentro del agua del barreño; que se extienden (sin dolor) hasta el puño, e incluso hasta el codo, si la mano está sumergida en gran parte, o enteramente, y se transmiten incluso al puño de la otra mano.

Supongo siempre que se han seguido todas las precauciones necesarias en la construcción de la columna, para que cada uno de los pares o parejas de metal, resultante de aplicar un disco de plata a uno de zinc, se encuentre comunicado con el par siguiente, por una capa de humor suficiente, sea éste agua salada, (mejor que agua común), o un

disco de cartón o de piel, u otra cosa parecida, bien embebida por esta agua salada; tales discos no deben ser demasiado pequeños y deben estar bien pegados a la superficie de los platos metálicos entre los que se encuentran interpuestos. Esta adherencia perfecta y extendida de los discos mojados, es muy importante; mientras que los platos metálicos pueden tocarse únicamente en pocos puntos, siempre que exista contacto directo.

Digamos aquí de paso, que si bien es suficiente, para los metales (siendo todos excelentes conductores), el contacto en algunos puntos para permitir el libre paso a una corriente eléctrica no demasiado fuerte, no ocurre lo mismo con los líquidos, o con los cuerpos embebidos de algún humor, que (siendo conductores mucho menos perfectos), necesitan un amplio contacto con los conductores metálicos, y más aun entre ellos, para que el fluido eléctrico pueda pasar con facilidad, y no sea retrasado demasiado en su curso, (especialmente cuando éste se mueve como en nuestro caso con poquísimas fuerza).

En realidad, los efectos de mi aparato (las conmociones que se prueban) son considerablemente más sensibles a medida que la temperatura ambiente, la del agua, o la de los discos embebidos que entran en la composición de la columna, y de la misma agua del barreño, esté más caliente, haciendo el calor que el agua sea más conductora. Una notable mejora se consigue sin embargo, con casi todas las sales, especialmente la sal común. Ésta es una de las razones, (sino la única), por las que es tan ventajoso que el agua del barreño, y sobre todo la que se interpone entre cada par de platos metálicos, el agua de la que están embebidos los discos de cartón sea agua salada, como ya he remarcado anteriormente.

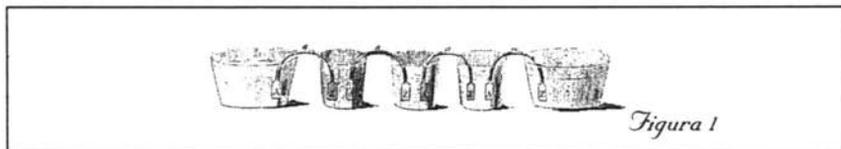
Todos estos medios, y todas estas precauciones sólo representan, de todas maneras, ventajas limitadas, y no conseguirán jamás que se produzcan conmociones muy fuertes, mientras el aparato siga constando de una sola columna formada por 20 pares de platos solamente, aunque éstos sean de los dos metales más idóneos para este experimento, es decir, plata y zinc; ya que si fueran de plata y plomo, o de estaño, o de cobre y estaño, no se obtendría ni la mitad del efecto, a menos que un número mucho más grande de discos no compensara la menor fuerza de cada par. Lo que aumenta realmente el poder eléctrico de este aparato, y lo puede llevar a igualar, e incluso sobrepasar el del pez torpedo o de la anguila eléctrica [anguille tremblante], es el número de platos, dispuestos, de la manera, y con las precauciones que he explicado. Si, a los 20 pares descritos más arriba se le añaden 20 o 30 más, dispuestos en el mismo orden, las conmociones que podrá dar la columna prolongada de esta manera, (diré enseguida como puede sostenerse, para que no se derrumbe, o, lo que es mejor, como se puede dividir en dos o más columnas), serán ya bastante más fuertes y se extenderán por los dos brazos hasta el hombro, sobre todo por aquel que tiene la mano sumergida en el agua. Sumergiendo la mano entera o en parte en el agua del barreño, ésta, (así como el brazo entero), se entumecerá más o menos, dependiendo de la frecuencia de las inmersiones, si éstas se producen rápidamente y sin pausa. Esto ocurre sumergiendo toda o casi toda la mano en el agua del barreño. Si lo que se sumerge es sólo un dedo, en todo o en parte,

las conmociones concentradas en este último, serán bastante más dolorosas, hasta el punto de resultar insoportables.

Se espera, además, que una tal columna, formada por 40 o 50 pares de metal, que proporciona unas conmociones más que mediocres a los dos brazos de una persona, podrá provocar conmociones sensibles, a varias personas, que cogidas de las manos (suficientemente húmedas), formen una cadena ininterrumpida.

Volviendo a la construcción mecánica de mi aparato, que es susceptible de varias modificaciones, no describiré aquí todas las que he imaginado y ejecutado, (sea en grande sea en pequeño), sino aquéllas que son o más curiosas o más útiles; que presentan alguna ventaja real, como ser de más fácil ejecución, o más expeditiva, más seguras en sus efectos, o conservables en buen estado a más largo plazo.

Empezaré por una que, reúne prácticamente todas estas ventajas. Difiere mayormente, en cuanto a la forma, del *aparato de columna* descrito más arriba, pero tiene la desventaja de ser una máquina mucho más voluminosa. Os presento este nuevo aparato, que llamaré de *corona de tazas*, en la figura adjunta (Pl. XVII. Fig. 1.).



[Descripción del aparato de corona de tazas]

Disponemos pues de un conjunto de tazas o de copas, de cualquier material, excepto de metal, tazas de madera, de concha, de barro o mejor de cristal, (pequeños vasos para beber o cubiletes son lo más adecuado), llenos hasta la mitad de agua pura, o mejor de agua salada o de lejía; hacemos que se comuniquen entre ellos, formando una especie de cadena, mediante otros tantos arcos metálicos, donde el brazo Aa, o solamente la extremidad A, que se apoya en uno de los cubiletes, es de cobre rojo, o amarillo, o mejor de cobre plateado, y el otro extremo Z, que se apoya sobre el cubilete siguiente, es de estaño, o mejor de zinc. Observaré aquí, de paso, que la lejía y los otros líquidos alcalinos, son preferibles, cuando uno de los metales sumergidos es el estaño; el agua salada es preferible si se trata de zinc. Los dos metales más idóneos que componen el arco, se sueldan conjuntamente, en cualesquier parte, por encima de la zona sumergida en el agua, que debe estar en contacto con ésta mediante una superficie lo suficientemente amplia: por esta razón es conveniente que esta zona sea una lámina de una pulgada cuadrada, o muy poco menos; el resto del arco puede ser tan estrecho como se quiera, incluso un simple hilo metálico. Puede también ser de un tercer metal, distinto de los que están sumergidos en el líquido de los cubiletes, ya que como he

verificado por medio de experiencias directas (de las cuales tendré ocasión de hablar más adelante), la acción sobre el fluido eléctrico que resulta de los contactos entre los metales sucesivos, la fuerza con la que el fluido es empujado al final, no difiere prácticamente de la que se obtendría por contacto directo del primer metal con el último, sin ninguno de los metales intermedios.

Entonces, una serie de 30, 40, 60, de estos cubiletos, encadenados de esta manera, y situados, sea en una línea recta, sea en una curva, o formando pliegues de forma cualquiera, forman este nuevo aparato; que en el fondo, y en sustancia, es lo mismo que el otro de columna descrito más arriba; lo importante es que el contacto directo de los metales distintos que forman cada pareja, y hacen de mediadores entre una pareja y la otra, mediante un conductor húmedo, tenga lugar tan bien para uno como para el otro de estos aparatos.

Por lo que respecta a la manera de poner a prueba el de cubiletos, y cuanto a los diferentes experimentos para los que puede servir, no tengo necesidad de decir demasiado, después de lo que he observado y explicado ampliamente, con respecto al de columna. Se entenderá así mismo, que para sentir la conmoción, es suficiente sumergir una mano dentro de uno de los cubiletos, y un dedo de la otra mano en otro cubilete, bastante alejado de éste último; que esta conmoción será más fuerte cuanto más alejados estén un recipiente del otro, es decir, cuando haya un número mayor de intermedios; que, en consecuencia, se tendrá la más fuerte, tocando el primer y el último recipiente de la cadena. Se comprenderá también como, y por qué, los experimentos resultarán mucho mejor, empuñando, y estrechando, en una mano bien húmeda, una lámina metálica bastante ancha, (de manera que la comunicación sea así bastante buena, y se extienda a un gran número de puntos), y tocando con esta lámina el agua de un cubilete, o más bien el arco metálico antes indicado, mientras que la otra mano se encuentra sumergida en el otro cubilete alejado, o toca, con una lámina como la anterior el arco de éste último. En fin se comprenderá, y se podrá incluso prever el resultado de una gran variedad de experimentos, que se pueden llevar a cabo con este *aparato de corona de tazas*, más fácilmente y de una manera más evidente y manifiesta, por así decirlo, a la vista, que con el otro aparato de columna. Evitaré describir un gran número de estos experimentos, fáciles de prever, y solamente contaré otros que no son menos instructivos que divertidos.

Sean tres veintenas de tazas o cubiletos, dispuestos y encadenados el uno al otro por los arcos metálicos, pero de manera que, para los primeros veinte, estos arcos estén girados en el mismo sentido, por ejemplo, el brazo de plata girado hacia la izquierda, el de zinc a la derecha; para los segundos veinte en sentido contrario, es decir, el de zinc a la izquierda y el de plata a la derecha; y por último, para la tercera veintena, de nuevo plata a la izquierda como para la primera. Dispuestas las cosas de esta manera, suméjase un dedo en el agua del primer cubilete, y tóquese, con la lámina empuñada con la otra mano, de la manera prescrita, el primer arco metálico, (el que une el primer cubilete al segundo), después el otro arco que abraza el segundo y el tercer cubilete, y así sucesivamente los otros arcos, hasta recorrerlos todos. Si el agua está templada y

bien salada, y la piel de las manos bastante humedecida y ablandada, empezaráis a notar una pequeña conmoción en el dedo, al tocar el 4° o el 5° arco; (la he probado alguna vez con bastante claridad por el contacto con el 3°); y, pasando sucesivamente al 6°, 7°, etc. las sacudidas aumentarán gradualmente su intensidad, hasta el 20° arco, es decir, hasta el último de los que están dirigidos en el mismo sentido: sin embargo, al pasar al siguiente, al 21°, 22°, 23°, o 1°, 2°, 3° de la segunda veintena, en la cual están todos girados en sentido contrario, las sacudidas se volverán a cada paso menos fuertes, de manera que en el 36°, o 37°, serán imperceptibles, y absolutamente nulas en el 40°; pasado el cual, (y empezando la tercer veintena, opuesta a la segunda y análoga a la primera), las sacudidas serán todavía imperceptibles, hasta el 44°, o 45° arco; pero volverán a hacerse sensibles, y a aumentar gradualmente, a medida que avanzáis hasta el 60°, donde tendrán la misma fuerza que en el 20° arco.

Ahora, si los 20 arcos del centro estuvieran girados en el mismo sentido que los 20 anteriores y los 20 siguientes, si los 60 conspirasen empujando el fluido eléctrico en la misma dirección, se comprende cuanto mayor sería el efecto al final, y la conmoción más fuerte; y en general se comprende cómo, y hasta qué punto, ésta debe debilitarse, en todos los casos en que un número más o menos grande de estas fuerzas, por la posición opuesta de los metales, se contrarrestan.

Si la cadena se interrumpe en alguna parte, sea porque falte agua en alguna de las tazas, sea porque uno de los arcos metálicos ha sido quitado, o porque haya sido separado en dos piezas, no tendréis ninguna conmoción sumergiendo un dedo en el agua del primer, y otro en la del último vaso; la tendréis sin embargo más fuerte o más débil, según las circunstancias, (dejando estos dedos sumergidos), en el momento en que se restablecerá la comunicación interrumpida, en el momento en que otra persona sumergirá en las dos tazas en la que falta el arco, dos de sus dedos, (que sufrirán también una pequeña conmoción), o mejor, sumergirá ese mismo arco que había sido quitado, u otro cualquiera; y, en el caso del arco separado en dos piezas, en el momento en que se restablecerá el contacto mutuo; (así la conmoción será mayor que de otra manera); finalmente en el caso de la taza vacía, en el momento en que añadiendo agua, ésta entrará en contacto con los dos brazos hundidos en esta taza, que estaban secos.

Cuando la cadena o corona de tazas es bastante larga, y capaz de provocar una conmoción fuerte, la probaremos aunque de manera bastante más débil, teniendo sumergidos los dos dedos, o las dos manos, en un solo barreño de agua bastante grande, en el cual se introducen el primer y el último de los arcos, de manera que una o la otra, o mejor las dos manos, que se encuentran sumergidas, se tengan en contacto con esos dos mismos arcos, o bastante cerca del contacto; se probará, una conmoción, en el momento en que (encontrándose la cadena interrumpida en algún lugar) la comunicación será restablecida y el círculo completado, de una de las maneras expuestas anteriormente. Ahora, nos podría sorprender el hecho de que, en este círculo, la corriente eléctrica, teniendo libre paso a través de una masa de agua ininterrumpida, en el agua que llena el barreño, deje este buen conductor, para tirarse, y seguir su curso, a través

del cuerpo de la persona que tiene sus manos sumergidas en este agua, siguiendo así un recorrido más largo. Sin embargo la sorpresa cesará, si se reflexiona sobre el hecho de que, las sustancias animales vivas y calientes, y sobre todo sus humores, son en general mejores conductores que el agua. El cuerpo entonces de la persona que tiene sus manos sumergidas en agua, ofrece un paso más fácil que el agua al torrente eléctrico, que lo prefiere aún siendo un poco más largo. Por lo demás, como el fluido eléctrico tiene que atravesar en cantidad, conductores no perfectos, y conductores húmedos, prefiere pasar por un canal más largo, o dividirse en varios canales e incluso dar un rodeo, encontrando de esta manera una resistencia menor que siguiendo un solo canal, aunque éste sea más corto; éste en nuestro caso no es más que una parte del torrente eléctrico, que, separándose del agua toma esta nueva ruta a través de la persona, y la recorre de un brazo a otro: otra parte, más o menos grande, pasa a través del agua del barreño. He aquí la razón por la cual las sacudidas que se experimentan, son bastante más débiles que las que se sufren si la corriente eléctrica no está dividida, cuando la persona hace sola la comunicación de un arco a otro, etc.

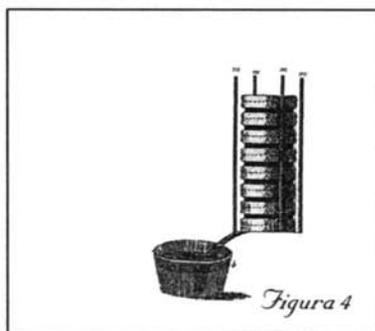
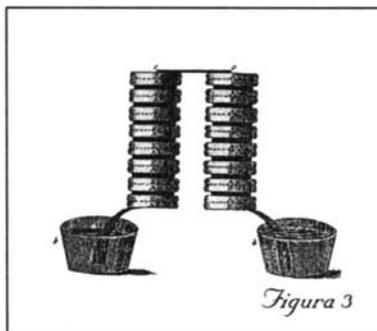
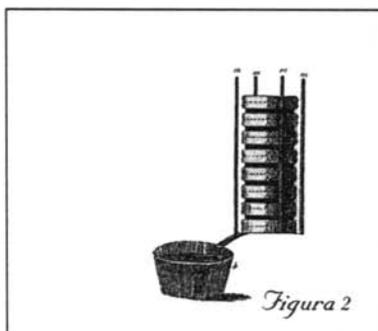
Después de estos experimentos, se puede creer, que cuando el pez torpedo quiere dar una sacudida al brazo de un hombre o a los animales que lo tocan, o que se acercan a su cuerpo por debajo del agua, (sacudida ésta, de la misma manera que antes, bastante más débil que la que el pez puede dar encima del agua), sólo tiene que acercar alguna parte de su órgano eléctrico, allí donde, la comunicación falta en un cierto intervalo; que eliminar estas interrupciones entre la una y la otra de las columnas que forman dicho órgano, o entre esas membranas en forma de discos delgados, que yacen las unas sobre las otras, desde el fondo hasta la cima de cada columna; sólo tiene, como decía, que quitar esas interrupciones en uno o más lugares, y hacer surgir el contacto conveniente, sea comprimiendo las columnas sea vertiendo entre las películas o diafragmas levantados, algún humor, etc. He aquí cual puede ser, y, como yo imagino, que es realmente, el mecanismo por el cual el pez torpedo, produce la conmoción; ya que todo el resto, quiero decir la incitación y el movimiento dado al fluido eléctrico, no es otra cosa que un efecto necesario de su singular órgano, formado, como se ve, por una serie muy numerosa de conductores, que tengo todo el fundamento de creer bastante distintos entre ellos para ser también *motores* del fluido eléctrico, en sus contactos mutuos, y de suponerlos dispuestos de una manera conveniente para empujar a este fluido con una fuerza suficiente, de arriba a abajo, o de abajo a arriba, y determinar una corriente capaz de producir la conmoción, etc. en cuanto, y cada vez, que todos los contactos y comunicaciones necesarias tengan lugar.

Pero dejemos ahora el pez torpedo, y su *órgano eléctrico natural* y volvamos al *órgano eléctrico artificial* de mi invención, y en particular al que imita al primero, también en la forma, (ya que el de cubiletes está más lejano en este aspecto), volvamos a mi primer *aparato de columna*. Tendría todavía algunas cosas que decir por lo que respecta a la construcción del aparato de cubiletes o de *corona de tazas*, por ejemplo, que es conveniente que la primera y la última taza sean suficientemente grandes para poder

sumergir, llegada la ocasión, toda la mano etc.; pero sería demasiado extenso entrar en todos estos detalles.

[Algunas mejoras en el aparato de columna]

Por lo que respecta al aparato de columna, he buscado los medios de alargarlo bastante, multiplicando los platos metálicos sin que se derrumbe; de hacer este instrumento cómodo y manejable, y, sobre todo, duradero; y, he encontrado, entre otros, las siguientes soluciones, que podéis ver, en las figuras adjuntas (Pl. XVII Fig. 2, 3, 4).



En la Fig. 2, *m m m* son tres, cuatro o más, montantes o varillas que se elevan desde el pie de la columna, y encierran, como en una jaula, los platos o discos, colocados los unos sobre los otros, en número tal, y hasta la altura que se quiere, impidiéndoles así caer. Las varillas pueden ser de vidrio, de madera o de metal; sólo, en este último caso, hay que evitar que tengan contacto directo con los platos; cosa que se puede conseguir, o bien cubriendo cada una de las varillas con un tubo de vidrio, o bien

interponiendo entre éstas y la columna, algunas bandas de tela encerada, o de papel oleoso, o de papel simple, o cualquier otro cuerpo, en fin, que cohiba o sea mal conductor: la madera o el papel son suficientes para nuestro caso, siempre que no estén demasiado humedecidos, o mojados.

Pero el mejor expediente, dado que se quiere formar un aparato con un número muy grande de platos, más allá, por ejemplo, de 60, 80, 100, es dividir la columna en dos o más, como se ve en las Figuras 3 y 4; (Pl. XVII) en las que las piezas tienen todas sus posiciones y comunicaciones respectivas, como si fuera una sola columna. Se puede, en efecto, observar tanto la figura 4, como la 3 como una columna doblada.

En todas estas figuras los platos metálicos diferentes, están designados por las letras A y Z; (que son las iniciales de *argent* y de *zinc*); y los *discos embebidos* (de cartón, de piel, etc.) interpuestos entre cada pareja de metales, por una capa negra.

Las líneas de puntos marcan la unión entre un metal y otro, en cada pareja, su contacto mutuo en un número cualquiera de puntos, lo que es indiferente; o que estén soldados juntos, lo que es bueno para más de un aspecto. *c c*, *c c*, *c c*, son unas placas metálicas que comunican una columna o la sección de una columna, con otra; y *b*, *b*, *b*, *b*, son los barreños de agua, en comunicación con los pies o extremidades de las columnas.

Un aparato montado de esta manera es bastante cómodo, nada voluminoso, y se puede hacer todavía mucho más transportable, gracias a unos estuches o fundas cilíndricas, en las que guardar y conservar cada columna. La lástima es que no dura demasiado tiempo en buen estado; los discos mojados se secan, en uno o dos días, de manera que hay que volverlos a humedecer; cosa que puede ser hecha, sin embargo, sin desmontar todo el aparato, sumergiendo las columnas montadas en agua, y (habiéndolas retirado algún tiempo después) secándolas exteriormente con un trapo, o de otra manera, lo mejor que se pueda.

La mejor manera de hacer un instrumento tan duradero como se puede desear, sería encerrar y retener el agua interpuesta entre cada par de metales, y fijar estos mismos platos en su lugar, envolviendo toda la columna con cera o alquitrán; pero la ejecución de una cosa tal es un poco difícil y exige mucha paciencia. A pesar de todo, lo he conseguido; he formado dos cilindros de 20 parejas de metales, que después de algunas semanas funcionan aún bastante bien, y espero que sigan funcionando también después de algunos meses.

Estos cilindros tienen la comodidad de poder ser utilizados no solamente en posición vertical, sino también inclinados o en posición horizontal, según se prefiera, e incluso sumergidos en agua con la cabeza en el exterior: podrían incluso producir la conmoción sumergidos enteramente, si contuvieran un número más grande de platos, o si varios de estos cilindros estuvieran unidos y hubiera habido alguna interrupción que

podiera subsanarse a voluntad, etc. con lo que tales cilindros imitarían bastante bien a la anguila eléctrica; para lograr un mayor parecido, también exterior, se podrían unir mediante hilos metálicos deformables, o muelles espirales, y ser cubiertos en toda su extensión por una piel, y acabarse con una cabeza y una cola bien configuradas, etc.

[Efectos sobre los sentidos]

Los efectos sensibles a nuestros órganos que produce un aparato formado por 40 o 50 pares de platos, (e incluso menor si uno de los metales es plata o cobre, el otro zinc), no se reducen simplemente a conmociones: la corriente del fluido eléctrico, movido y solicitado, por un tal número y especies de conductores distintos, plata, zinc y agua, dispuestos alternativamente de la manera descrita, no provoca sólo contracciones y espasmos en los músculos, convulsiones más o menos violentas en los miembros que atraviesa en su recorrido, sino que irrita también los órganos del gusto, de la vista, del oído y del tacto, propiamente dicho, produciendo sensaciones propias de cada uno.

Y, en primer lugar, por lo que respecta al sentido del tacto; si, mediante el amplio contacto de la mano (bien humedecida) con una lámina metálica, o mejor, sumergiendo la mano profundamente en el agua del barreño, establezco por un lado una buena comunicación con una de las extremidades de mi *aparato electro-motor*, (es necesario dar un nombre nuevo a los instrumentos nuevos, no sólo por la forma, sino también por los efectos, o por el principio por el que se rigen), y por el otro lado aplico la frente, el párpado, la punta de la nariz, también humedecidas, o cualquier otra parte del cuerpo en la que la piel sea igualmente delicada; aplico, como decía, con un poco de presión, alguna de estas partes delicadas, bien humedecidas, contra la punta de un hilo metálico, que comunicará convenientemente con el otro extremo de dicho aparato, siento, en el momento en que se cierra el círculo conductor, en el lugar de la piel en el que se produce el contacto, y un poco más allá, un golpe y un pinchazo, que pasa rápidamente, y se repite tantas veces como se interrumpe y se restablece el círculo; de manera que si estas alternancias son frecuentes, me causan un temblor, y unos pinchazos muy desagradables. Pero, si todas las comunicaciones continúan sin estas alternativas, sin la menor interrupción del círculo, por algunos instantes no siento nada; pasados los cuales, empieza a sentirse en la parte aplicada al final del hilo metálico, otra sensación, un dolor agudo, (sin sacudidas), limitado precisamente a los puntos de contacto, una abrasión, no solamente continua, sino que va constantemente en aumento, hasta el punto de convertirse en un corto espacio de tiempo en insoportable, y que no cesa si no se interrumpe el círculo.

¿Existe prueba más evidente de la continuidad de la corriente eléctrica, durante todo el tiempo que las comunicaciones de los conductores que forman el círculo continúan? ¿Y de que solamente interrumpiendo el círculo, una tal corriente cesa de existir? Esta circulación sin fin del fluido eléctrico, (este *movimiento perpetuo*), puede parecer una paradoja, puede no ser explicable; pero no es menos verdadero y real, y se puede

tocar, por decirlo así, con las manos. Otra prueba evidente puede ser extraída, de lo que en este tipo de experiencias, se prueba a menudo, en el momento en que se interrumpe bruscamente el círculo, un golpe, un pinchazo, una conmoción, según las circunstancias, todo como en el momento en que se completa; con la única diferencia, que estas sensaciones causadas por una especie de reflujo del fluido eléctrico, o por la sacudida que nace de la suspensión repentina de su corriente, son más débiles. Pero no lo necesito, y no es éste el lugar, de alegar las pruebas de una tal circulación sin fin del fluido eléctrico, en un círculo de conductores en el cual hay uno que, por ser de diferente especie, consiguen gracias a su contacto mutuo, el trabajo de excitadores o *motores*: esta proposición que he avanzado desde mis primeros trabajos y descubrimientos en el tema del GALVANISMO, y que todavía sostengo, apoyado por los nuevos hechos y experiencias, no tendrá ya, espero, opositores.

Volviendo a la sensación de dolor que se prueba en los experimentos descritos anteriormente, tengo que añadir, que si este dolor es fuerte y punzante en las partes que la piel recubre, es bastante más fuerte donde la piel ha sido levantada, en las heridas por ejemplo, y en las llagas recientes. Si por casualidad hay una pequeña incisión, o arañazo, en el dedo que sumerjo en el agua que comunica con una de las extremidades del aparato electro-motor, siento un dolor tan vivo y tan penetrante, cuando al establecer la conexión conveniente con el otro extremo, completo el círculo, que tengo que abandonar el experimento, es decir retirar el dedo, o interrumpir de alguna manera el círculo. Diré además, que no puedo resistir más allá de algunos segundos, cuando la parte del aparato que entra en juego, o el aparato entero, no funciona con más de unas 20 parejas metálicas, o poco más o menos.

Una cosa en la tengo que insistir, es, que todas estas sensaciones de picor y de dolor, son más fuertes y más agudas, sin cambios en las otras cosas, cuando la parte del cuerpo que tiene que experimentarlas se encuentra del lado de la electricidad negativa, es decir, colocada de manera, en el círculo conductor, que el fluido eléctrico que recorre el círculo, no se dirija contra esta parte sensible, que no avance hacia ella y entre en ella desde fuera hacia adentro, sino más bien que su dirección sea del interior hacia el exterior, en una palabra que salga de ella: por lo que es necesario saber, de los dos metales que participan por parejas en el aparato, cual es el que da al otro. Ahora, ya he determinado esto para todos los metales, en otros experimentos, publicados hace tiempo, después de mis primeras memorias sobre el tema del GALVANISMO. No diré por tanto aquí otra cosa, que no sea que todo está plenamente confirmado, de igual forma o de manera aún más demostrativa y manifiesta por los experimentos que me ocupan en la actualidad.

Por lo que respecta al sentido del gusto, había ya descubierto, y publicado en estas primeras memorias, donde me vi obligado a combatir la pretendida electricidad animal de GALVANI, y a declararla una electricidad intrínseca, producida por el contacto mutuo de metales de diferentes especies; había, como decía, descubierto como consecuencia de este poder que atribuyo a los metales, que dos piezas de metales distintos,

en particular una de plata y una de zinc, aplicadas de manera conveniente, excitaban, sobre la punta de la lengua, sensaciones de sabor muy marcadas; que el sabor era decididamente ácido, si, la punta de lengua estaba dirigida hacia el zinc, la corriente eléctrica iba contra él y entraba; y que otro sabor, menos fuerte, pero más desagradable, agrio, tirando a alcalino, se hacía sentir, (estando invertida la posición de los metales), si la corriente eléctrica salía de la punta de la lengua; que estas sensaciones, además, continuaban e incluso se incrementaban, durante varios segundos, si el contacto mutuo de los metales se mantenía y el círculo conductor no se interrumpía en ninguna parte. De todas maneras, cuando digo aquí, que los mismos fenómenos llegan puntualmente, cuando se somete a prueba, en lugar de una sola pareja de piezas metálicas, un ensamblaje de varias, dispuestas como se debe; y que dichas sensaciones de sabor, sea ácido, sea alcalino, aumentan, pero poco, con el número de parejas, ya lo he dicho prácticamente todo. Solamente me resta añadir, que si el aparato que se pone en juego, para estos experimentos sobre la lengua, está formado por un número suficientemente grande de parejas de este tipo, si, por ejemplo, contiene 30, 40, o más, la lengua, no prueba sólo la sensación de sabor que hemos mencionado, sino, además, otra, que la golpea en el instante en que se completa el círculo, y que le causa un pinchazo más o menos doloroso, pero pasajero, seguido, después de algunos instantes, de la sensación duradera de sabor. Este golpe produce también una convulsión, o temblor, de una parte o de toda la lengua, cuando el aparato, formado por un número todavía mayor de parejas de los mencionados metales, es más activo, y mediante unas buenas comunicaciones conductoras, la corriente eléctrica que excita, puede pasar por todas partes, con bastante libertad.

Vuelvo a menudo, e insisto, en esta última condición, porque es esencial, para todos los experimentos en los que se trata de conseguir efectos sensibles sobre nuestro cuerpo, sea conmociones en los miembros, sea sensaciones en los órganos de sentido. Es necesario, por tanto que los conductores no-metálicos que entran en el círculo, sean en lo posible buenos conductores, bien embebidos (si no son líquidos por ellos mismos) de agua, o de algún otro fluido más conductor que el agua pura; y se necesita, además de esto, que las superficies bien humedecidas por las cuales se comunican con los conductores metálicos, y sobre todo entre ellos, sean bastante anchas. La comunicación debe solamente estrecharse, o reducirse a un pequeño número de puntos de contacto, allí donde se quiere concentrar la acción eléctrica sobre una de las partes más sensibles del cuerpo, sobre algunos nervios de los sentidos, etc. como ya he subrayado anteriormente, a propósito de los experimentos sobre el tacto, a saber, las experiencias en la que se provocan dolores agudos en distintas partes. Entonces, la mejor manera que he encontrado, de producir sobre la lengua todas las sensaciones descritas, es, aplicar su punta contra el extremo puntiagudo (que no lo sea, por tanto excesivamente) de una fusta metálica, que hago comunicar de manera conveniente, como en otros experimentos, con una de las extremidades de mi aparato, y establecer una buena comunicación de la mano, o, lo que es mejor, de las dos manos juntas, con el otro extremo. Esta aplicación de la punta de la lengua, a la punta de la fusta metálica, puede, por otra parte, existir con anterioridad, cuando se establece la otra comunicación para cerrar el

círculo, (cuando nos disponemos a sumergir la mano en el agua del barreño), o hacerse después del establecimiento de esta comunicación, mientras la mano se encuentra sumergida; y, en este caso creo experimentar el pinchazo y la sacudida en la lengua, un poco antes del verdadero contacto. Sí, me parece siempre, particularmente si avanzo lentamente la punta de la lengua, que cuando ha llegado a una distancia muy pequeña del metal, el fluido eléctrico, (querría casi decir la chispa), salvando este intervalo se lanza para golpearla.

Por lo que respecta al sentido de la vista, que como había ya descubierto puede ser también afectado por una corriente débil de fluido eléctrico, procedente del contacto mutuo de dos metales distintos, en general, y en particular de una pieza de plata y una de zinc, debería esperar, que la sensación luminosa excitada por mi nuevo aparato, fuera más fuerte, a medida que contuviera un mayor número de piezas metálicas; cada una de tales parejas, dispuestas de la manera oportuna añade un grado de fuerza a dicha corriente eléctrica, como todas las otras experiencias lo muestran, en particular aque-lla con el electrómetro, ayudado por un condensador, que he solamente indicado y que describiré en otro lugar. Sin embargo me sorprendí de encontrar, que con 10, 20, 30 pares, y más, la claridad producida no parecía ni más grande ni más extendida, ni mucho más viva, que con una sola pareja. Lo que sí es cierto, es que esta sensación de luminosidad débil y pasajera, es excitada por un aparato tal, más fácilmente, y de más maneras. En efecto, para tener éxito con una sola pareja, sólo existen, poco más o menos, las maneras siguientes; a saber, o que una de las piezas metálicas esté aplicada al bulbo mismo del ojo, o al párpado, bien humedecido, y que se ponga en contacto con el otro metal aplicado en el otro ojo, o en la boca, lo que produce la descarga más bella; o, que se empuñe esta segunda pieza metálica con la mano bien húmeda, y que se ponga en contacto con la primera; o finalmente, que se apliquen estas láminas en algunas partes del interior de la boca, haciéndolas así comunicar entre ellas. Pero, con un aparato de 20, 30 pares, etc. se produce la misma descarga, aplicando a la punta de una lámina o fusta metálica, que se encuentre en comunicación con uno de los dos extremos del aparato, mientras que se comunica de manera conveniente con la otra extremidad, por medio de la otra mano; aplicando, es decir, haciendo tocar esta lámina, no sólo con el ojo, o con una parte cualquiera de la boca, sino con la frente, la nariz, las mejillas, los labios, la barbilla, hasta la garganta; en una palabra, todas las partes y puntos de la cara, que deben solamente, estar bien húmedos antes del contacto con la placa metálica. Por lo demás, la forma, así como la fuerza, de esta luz pasajera que se percibe, varía un poco, al variar de las zonas de la cara sobre las que se lleva la acción de la corriente eléctrica; si se trata de la frente, por ejemplo, esta luz resulta mediocrementemente viva, y es parecida a un círculo luminoso, que aparece también, en muchas otras pruebas.

Sin embargo, la más curiosa de todas estas experiencias, es la de tener la lámina metálica apretada entre los labios, y en contacto con la punta de la lengua; cuando se completa el círculo, de la manera conveniente, se excita a la vez, si el aparato es lo suficientemente grande, y la corriente eléctrica lo bastante fuerte, una sensación de

luminosidad en los ojos, una convulsión en los labios, y también en la lengua, un pinchazo doloroso en su punta, seguido al final de una sensación de sabor.

Sólo me queda añadir algo sobre el oído. Este sentido que he intentado inútilmente excitar con dos únicas láminas metálicas, incluso con las más activas entre todos los *motores* de electricidad, a saber, una de plata u oro y la otra de zinc, he conseguido, al final, afectarlo con mi nuevo aparato, compuesto por 30 o 40 parejas de estos metales. He introducido, bastante profundamente en las dos orejas, una especie de sondas o fustas metálicas con las puntas redondeadas; y las he hecho comunicar directamente con las dos extremidades del aparato. En el momento de completar el círculo, recibí una sacudida en la cabeza; y algunos momentos después, (continuando las comunicaciones ininterrumpidas), empecé a sentir un sonido o mejor un ruido, en las orejas, que no sabría definir demasiado bien; era una especie de crujido con sacudida, o un chispear, como si alguna pasta o materia tenaz hirviera. Este ruido continuó sin aflojar, y sin aumentar, todo el tiempo que el círculo estuvo completo, etc. La sensación desagradable y que temí peligrosa, de la sacudida en el cerebro, hizo que no repitiera demasiadas veces este experimento.

Queda el sentido del olfato, que he tentado hasta ahora inútilmente con mi aparato. El fluido eléctrico, que puesto en corriente en un círculo completo de conductores, produce en los miembros y en las partes vivas del cuerpo que se encuentran comprendidas en este círculo, unos efectos correspondientes a su excitabilidad; que, estimulados particularmente los órganos o nervios del tacto, del gusto, de la vista, y del oído, excita en ellos algunas sensaciones propias de cada uno de estos sentidos, como hemos encontrado, no produce en el interior de la nariz, más que un pinchazo más o menos doloroso, y unas conmociones más o menos extendidas, según dicha corriente sea más o menos fuerte. ¿Y cuál es entonces la causa, de que no excite ninguna sensación de olfato, aunque llegue, según parece, a estimular los nervios de este sentido? No se puede decir, que el fluido eléctrico, por el mismo, no sea adecuado, para producir sensaciones olfativas; ya que cuando se expande en el aire en forma de penachos, etc. en los experimentos ordinarios de máquinas eléctricas, lleva a la nariz un olor muy remarcado, parecido al del fósforo. Diré entonces, con un mayor parecido, y sobre un fundamento de analogía con las otras sustancias odoríferas, que es necesario justamente que se difunda en el aire, para excitar el olfato; que necesita, como todos los otros efluvios, del aire como vehículo, para afectar a este sentido de la manera adecuada para hacer nacer en él las sensaciones olfativas. Ahora, en los experimentos en consideración, es decir, de corriente eléctrica en un círculo de conductores contiguos, y sin la mínima interrupción, allí no puede tener lugar de ninguna manera.

Todos los hechos que he explicado en este largo escrito, considerando la acción que el fluido eléctrico, incitado y movido por mi aparato, ejerce sobre las diferentes partes de nuestro cuerpo, que su corriente invade y atraviesa; acción que, además, no es momentánea, sino sostenida y duradera, durante todo el tiempo en el que, no estando interrumpidas las comunicaciones, esta corriente sigue su curso; acción finalmente,

que varia según la diferente excitabilidad de las partes, como hemos visto; todos estos hechos, ya bastante numerosos, y otros que será posible descubrir, multiplicando y variando los experimentos de este tipo, abrirán un campo, bastante vasto de reflexión, y de miradas, no sólo curiosas, sino también relacionadas particularmente con la medicina. Habrá materia para ocupar al experto en anatomía, al fisiólogo, y al médico.

[Analogía con los peces eléctricos]

Sabemos, por la anatomía desarrollada sobre él, que el órgano eléctrico del pez torpedo, y de la anguila eléctrica, está compuesto por varias columnas membranosas, rellenas de una extremidad a la otra por un gran número de láminas o películas, en forma de discos muy finos, apoyados los unos sobre los otros, o separados por intervalos muy pequeños, en los que fluye, como parece, algún humor. Ahora, no podemos suponer, que ninguna de estas láminas sea aislante, como el vidrio, las resinas, la seda, etc. y menos aún que puedan electrificarse por rozamiento, o estar dispuestas y cargadas a la manera de pequeños cuadros FRANKLINIANOS, o de pequeños electróforos; ni tampoco que sean tan malos conductores, hasta el punto de actuar como un condensador bueno y duradero, como en la imagen del Sr. NICHOLSON. La hipótesis de este sabio y laborioso físico, por la cual es necesario que cada pareja de estas películas, que querría comparar con hojas de talco, sean pequeños *electróforos* o *condensadores*, es, en verdad, muy ingeniosa; ésta es posiblemente lo mejor que se ha imaginado para la explicación de los fenómenos del pez torpedo, de acuerdo con las leyes y los principios conocidos hasta ahora en electricidad. Pero además del mecanismo por el cual tiene que operar, para cada golpe que este pez quiere dar, la separación respectiva entre los platos, de todos o de un gran número de estos electróforos o condensadores; estas separaciones tendrían, como decía, que operar todas a la vez, y establecerse por un lado, una comunicación entre todos los platos *electrificados en más*, y, por el otro lado, una comunicación entre todos los *electrificados en menos*, como quiere el Sr. NICHOLSON; este mecanismo además de muy complicado parece demasiado difícil, y poco natural; además de que la suposición de una carga eléctrica, originalmente comunicada, y tan duradera, en las películas que hacen la función de electróforos, es del todo gratuita; una hipótesis tal cae por completo, dado que estas películas del órgano del pez torpedo, no son, y no pueden ser, de ninguna manera aislantes, o susceptibles de una verdadera carga eléctrica, y menos todavía capaces de retenerla. Toda substancia animal, sea fresca, envuelta de humores, y más o menos jugosa por ella misma, es un conductor bastante bueno: y digo más; bien lejana de ser tan *cohibente* como las resinas, o el talco, en hojas con el que Mr. NICHOLSON intenta comparar las películas en cuestión, no existe, como me he asegurado, ninguna substancia animal viviente, o fresca, que no sea mejor *deferente* que el agua, excepto solamente la grasa, y algunos humores oleosos. Pero, ni dichos humores, ni la grasa, sobre todo de fluidez media, o completamente fluida, como se encuentra en los animales vivos, puede recibir una carga eléctrica, como una placa aislante, y retenerla; además no se encuentra que las películas y los humores del pez torpedo sean grasas u oleosas. Así pues, este órgano,

formado únicamente por substancias conductoras, no puede compararse, ni a un electróforo o condensador, ni a una botella de Leiden, ni a una máquina de cualquier tipo, excitable sea por rozamiento, sea por cualquier otro medio capaz de electrificar los cuerpos aislantes, que se creían, antes de mis descubrimientos, los únicos originariamente eléctricos.

¿A qué electricidad entonces, a qué instrumento, se debe comparar, este órgano del pez torpedo, de la anguila eléctrica, etc.? Al que acabo de construir, gracias al nuevo principio de electricidad descubierto hace unos años, y que mis experimentos sucesivos, sobre todo los que me ocupan en este momento, han confirmado tan bien, a saber, que los conductores son también, en algunos casos, motores de electricidad, en el caso del contacto mutuo de los de diferentes especies, etc.; a este aparato, que he llamado *Órgano eléctrico artificial*, y que, siendo en el fondo lo mismo que el órgano natural del pez torpedo, se le parece incluso en la forma, como ya he adelantado.

NOTAS

- 1 Existe una traducción castellana parcial [PAPP 1961, p. 365].
- 2 Kuhn ha interpretado el texto de Volta a partir de su modelo de cambio científico, haciendo notar que lo que para Volta constituye la unidad elemental: las parejas de metales separadas por una capa de conductor húmedo, no es la misma que se considera actualmente a la vista de la interpretación electro-química de la pila de Volta. Ver KUHN [1989].
- 3 *De viribus electricitatis in motu musculari. Commentarius.*
- 4 Para una discusión detallada de la polémica sobre la electricidad animal, así como para sobre la importancia de los experimentos cruciales, véase PERA [1992].
- 5 La presente sección está extraída de la biografía de Alessandro Volta que aparece en HEILBRON [1976]. Véase también POLVANI [1942].
- 6 Para más información sobre la vida y la obra de Volta véase la página web del *Pavia Project Physics* del Departamento de Física A. *Volta* de la Universidad de Pavía (<http://ppp.unipv.it>).
- 7 Sobre la posible influencia de NICHOLSON en la concepción y en la realización de la pila véase PANCALDI [1990]. Ver también PANCALDI [1993].
- 8 Aunque había demostrado cierta frialdad hacía los franceses, no se había negado, como Galvani, a jurar fidelidad a la República Cisalpina en la precedente incursión francesa [HEILBRON, 1976, p. 79].
- 9 Una botella de Leiden es desde nuestro punto de vista básicamente un condensador electrostático.
- 10 Las baterías eléctricas aquí mencionadas son conjuntos de botellas de Leiden conectadas en paralelo que permiten obtener una elevada capacidad eléctrica. Se pueden ver ejemplos de estos aparatos en la página web que aparece en la nota 6 de la sección: Apuntes biográficos.

BIBLIOGRAFÍA

- HEILBRON, J.L. (1976) "Volta, Alessandro". En: Charles Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*. Nueva York, Scribner's, 1970-1980, pp. 69-82.
- HEILBRON, J.L. (1979) *Electricity in the 17th & 18th Centuries*, Berkeley, University of California Press.
- KUHN, Thomas S. (1989) *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona, Paidós [Traducción de la edición inglesa, 1987].
- MERTENS, J. (1998) "Shocks and Sparks. The Voltaic Pile as a Demonstration Device". *Isis*, 89, 300-311.
- PANCALDI, G. (1990) "Electricity and life. Volta's Path to the battery". *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 21(1), 123-160.
- PANCALDI, G. (1993) *An enlightened physicist. Alessandro Volta and electricity, 1745-1827*. PhD Thesis, Oxford University.
- PAPP, D. (1961) *Historia de la física desde la antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*. Madrid, Espasa-Calpe S.A., 2^a ed.
- PERA, M. (1992) *The Ambiguous Frog. The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity*, Princeton, Princeton University Press [Traducción de la edición en italiano, 1986].
- POLVANI, G. (1942) *Alessandro Volta*. Pisa, Domus Galileana.
- VOLTA, A. (1800) "On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K. B. P. R. S.". *Philosophical Transactions*, 90(2), 403-431.
- VOLTA, A. (1918-29) *Le opere*. Milano, Ulrico Hoepli, 7 vols.
- VOLTA, A. (1999) *On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds*. Bicentenary Edition in French, English, German and Italian of the Letter to Sir Joseph Banks of the 20th of March 1800. Serie *Collana di Storia della Scienza*. Milano, Ulrico Hoepli.