

Recordando a Luigi Galvani en el bicentenario de su muerte

Alfredo de Micheli-Serra*

Recepción versión modificada 15/04/98 aceptación 22/04/98

Resumen

Se presenta un breve bosquejo histórico de la evolución de la electrología en el siglo XVIII. Se hace énfasis en el tema de la llamada electricidad animal, cuyo estudio se sistematizó gracias a las investigaciones del catedrático boloñés Luigi Galvani. En 1791 Galvani, sometió una evidencia experimental a la consideración de los sabios de aquella época. Galvani y sus seguidores creían que los fenómenos eléctricos observados por ellos en la rana, se debían a una electricidad inherente al propio animal (electricidad animal). Sus opositores, como el físico Alessandro Volta, los atribuían a la acción de los conductores metálicos empleados (electricidad de contacto). Pero los dos grupos se equivocaban en admitir un solo tipo de electricidad; existen ambas. Cabe destacar que las investigaciones de Galvani estimularon las labores de Volta, quien logró la construcción de la pila eléctrica. Además, abrieron el inmenso y rico campo de la electrofisiología.

Palabras clave: *Bicentenario de Galvani, electricidad animal, Electricidad de contacto, corriente de lesión*

Summary

A short outline of the evolution of electrology throughout the XVIII century is presented. Emphasis is done on the topic of so-called animal electricity, whose study mainly developed due to the initial research of the Bolognese professor Luigi Galvani. In 1791, he made known his experimental results, submitting them to the criticism of contemporaneous scientists, Galvani and his pupils thought that the electrical phenomena observed in frogs were due to the electricity inherent to these animals (animal electricity), while their opponents, such as the physicist Alessandro Volta, attributed them to the action of the metallic conductors utilized (contact electricity). They were wrong to admit an unique type of electricity, because both types exist. Galvani's investigations encouraged Volta's research, which gave rise to the invention of the electric battery and its uses. Moreover Galvani's studies opened the immense and rich field of electrophysiology.

Key words: *Galvani's bicentennial, animal electricity, contact electricity, injury current*

*Académico numerario.

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chavez". Departamento de Farmacología. Juan Badiano No. 1. Col. Sección XVI, C.P. 14080, México, D. F.

La electricidad en el siglo XVII

Una especie de condensador, construido por el físico Pieter van Musschenbroek (1692-1761) y llamado botella de Leiden, proporcionaba chispas de un tamaño inusitado hasta entonces y otros efectos extraordinarios. Jean-Antoine Nollet (1700-1770) fue el iniciador de múltiples demostraciones espectaculares, consistentes en someter a una serie de personas en cadena, a las descargas provocadas en dicho condensador. Pronto se investigó si la presencia de agua era realmente indispensable o si se podía reemplazar con otros líquidos o con armaduras (término introducido por Benjamín Franklin) metálicas por dentro y por fuera. Entre 1746 y 1748, la botella de Leiden evolucionó hacia un nuevo aspecto y otras formas, como la del llamado cuadro de Franklin y de análogos condensadores planos.

En aquel entonces se iniciaron asimismo nuevas investigaciones sobre la capacidad eléctrica y la influencia de la superficie de las armaduras respecto a la carga. William Watson (1707-1787) afirmó explícitamente que en igualdad de condiciones, la carga es proporcional a la superficie de las armaduras. Se percibe en este científico una concepción, aunque todavía muy vaga, del potencial, la que poco después aparecerá en Franklin. La obra experimental y teórica de este último (1706-1790) se expone esencialmente en el libro *Experiments and observations on electricity*, que comprende una serie de cartas dirigidas a su amigo londinense Peter Collinson (1694-1768). La última edición, revisada por el propio autor con extensas modificaciones y agregados varios, es de 1774. En su segunda carta a Collinson (25 de mayo de 1747), formula Franklin su teoría eléctrica unitaria. Los términos positivo y negativo, por él introducidos permanecen todavía, aun cuando su doctrina fuera sustituida pronto por la hipótesis de Robert Symmer (1759), en la que se admitía la existencia de dos fluidos eléctricos. Esta última será vigente durante todo el siglo XIX,

El clérigo inglés Joseph Priestley (1733-1804), antes de ocuparse del estudio de los "aires" (gases), había redactado un tratado de física por consejo de Franklin.¹ Tal obra, basada en trabajos originales, constituye una de las más valiosas y

extensas exposiciones del desarrollo de la electrología, examinada con fino espíritu crítico. A su vez un físico italiano, del que no se conoce el nombre, propuso en 1746 un electrómetro de bolitas para reconocer la presencia de electricidad.² Tal instrumento fue perfeccionado en 1753 por John Canton (1718-1772), en 1773 por Tiberio Cavallo (1749-1809) y por Volta en 1781, Pero el adelanto más significativo se obtuvo en 1787 gracias a las innovaciones que aportaron, de manera independiente Abraham Bennet (1750 - 1799) y Anton María Vassalli Eandi (1761 - 1825).

Las contribuciones propias de Galvani se caracterizan por un enfoque esencialmente fisiológico o electrofisiológico, No debe olvidarse que si bien en aquella época la fisiología no constituía una disciplina institucionalizada -el propio Galvani desempeñaba una cátedra de anatomía-, sí había excelentes investigadores en el campo fisiológico. Basta pensar en Albrecht von Haller y en su obra monumental.³

Luigi Galvani y la Universidad de Bolonia

La venerable universidad boloñesa, la primera del mundo occidental, fue autorizada en 1154 por el emperador romano-germánico Federico I de Suabia (Barbarroja) y se organizó en 1158 después de la Dieta de Roncaglia.⁴

En el siglo XVIII, el anatomista Leopoldo Caldani (1725-1813), tuvo que trasladarse de Bolonia a Padua por la oposición encontrada en su ambiente al apoyar las teorías de von Haller acerca de la "irritabilidad" de los tejidos animales. Dicho catedrático y su colega Tommaso Laghi fueron de los primeros en efectuar la estimulación eléctrica de nervios y músculos. Cabe mencionar que el padre escolapio G. B. Beccaria, catedrático en la Universidad de Turín había ya publicado sus resultados concernientes a la estimulación de los músculos expuestos de un gallo vivo ("Del elettricismo ...". Turín, 1753). Esta monografía figuraba en la biblioteca de don Juan Benito Díaz de Gamarra,⁵ divulgador de los adelantos científicos de su tiempo entre la juventud mexicana.

Luigi Galvani (1737-1798), figura 1, nació en Bolonia el 9 de septiembre de 1737. Se recibió de médico en 1759, se incorporó al claustro universi-

tario en 1763 y ocupó la cátedra de anatomía, como sucesor de Caldani, en 1775. Enseñaba también la obstetricia en el "Istituto di Scienze ed Arti". Fue un destacado anatomista y fisiólogo, que dejó trabajos anatómicos de gran valía en la línea de Valsalva y Morgagni: por ejemplo, sobre la anatomía de la nariz, del oído y en particular, del órgano auditivo de las aves.



Figura 1. Luigi Galvani, 1737-1798 (ref. No. 23).

Su monografía *De viribus electricitatis...*⁶ expone los resultados de once años de estudio sobre las manifestaciones fisiológicas de las ranas, relacionadas con fenómenos eléctricos. De hecho, había iniciado sus experimentos en estos batracios en 1780. Sus primeras observaciones sobre la contracción muscular de tales animales son del comienzo de septiembre de 1786. El fenómeno observado entonces consistía en que, al tocar con la

punta de un escalpelo los nervios internos crurales de una rana decapitada y fijada en una mesa, si se hacía saltar al mismo tiempo la chispa en una máquina cercana, se contraían todos los músculos de los miembros. Además, los músculos de ranas decapitadas, con la médula perforada y colgadas en ganchos de hierro o cobre entraban en convulsión cuando, por medio de un arco bimetálico, se establecía un circuito entre ellos y los nervios respectivos. Por lo tanto, supuso Galvani que los nervios y los músculos de dichos animales actúan como las armaduras, interna y externa, de la botella de Leiden y atribuyó el fenómeno a la existencia de una electricidad inherente al animal mismo: electricidad animal.

El creía que los músculos, por medio de los nervios, pueden cargarse de electricidad negativa en su parte externa y de electricidad positiva en su parte interna. El mecanismo de las contracciones musculares observadas dependería, pues, de la descarga ocasionada por vía de los nervios, cuando la parte interna de los músculos se pone en contacto con la parte externa.

La noción de electricidad animal ya existía en el ambiente científico dieciochesco,⁷ por ejemplo, en Felice Fontana, quien en 1781 había sugerido una probable analogía entre el sistema nervioso y una máquina eléctrica,⁸ en John Walsh, que en 1773 demostró la naturaleza eléctrica de las descargas emanadas por el pez Torpedo;⁹ en Giuseppe Francesco Gardini que obtuvo el salto de la chispa en dicho pez,¹⁰ etc. Además, la expresión "fluidos eléctricos" había ya reemplazado la de *spiritus animales* todavía empleada por von Haller. Pero la doctrina galvanista tuvo una honda repercusión internacional, no inferior, según Du Bois-Reymond,¹¹ a la que causaban los acontecimientos contemporáneos de la Revolución Francesa en los círculos políticos. Tal doctrina ejerció una influencia provechosa aun en sus opositores.

Al proclamarse en 1797 la República Cisalpina Galvani, súbdito fiel del Estado Pontificio se negó a jurar fidelidad a un gobierno de ideología contraria a sus íntimas convicciones y, por eso, fue expulsado de la universidad y despojado de sus sueldos.¹² Falleció en su ciudad natal el 4 de diciembre de 1798.

Los antigalvanistas

La oposición a la doctrina galvanista vino de parte del físico Alessandro Volta y de sus discípulos de la Universidad de Pavía. Dicha Universidad (*Studium Ticinense*), fundada en 1361 con diploma del emperador romano-germánico Carlos IV de Luxemburgo,¹³ pasó a segundo plano, por unos siglos, mientras resplandecía la Universidad de Padua, *Studium* oficial de la República de Venecia. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XVIII por las sabias reformas debidas a soberanos ilustrados, María Teresa de Habsburgo y su hijo José II de Habsburgo Lorena, el *Studium Ticinense* resurgió a nueva vida. Alessandro Volta, originario de Como, fue llamado en noviembre de 1777 por esta universidad para que se hiciera cargo de una parte del curso de física: electricidad, calórico, propiedades físicas de los gases, etc.

Volta inicialmente se adhirió con entusiasmo a la doctrina de Galvani e hizo notar que la rana por él preparada (rana reoscópica), constituía un electrómetro más sensible que los existentes en aquel entonces (carta del 3 de abril de 1792 al doctor Baronio). Más tarde, en sus apuntes de laboratorio, escribió lo siguiente. "... A veces me nace la duda de si será cierto que conductores metálicos diferentes o aplicados de manera distinta en dos puntos del animal, cuando se establece una comunicación entre ellos, no hagan otra cosa que ofrecer un camino al fluido eléctrico, que naturalmente tiende a desplazarse de un lugar a otro... si son solamente pasivos o más bien agentes positivos, que mueven de su lugar el fluido eléctrico del animal ..."¹⁴ Poco después el maestro de Pavía rechazaba definitivamente la doctrina galvanista afirmando que la supuesta electricidad animal detectada por Galvani se debía en realidad, al simple contacto entre los dos metales del circuito (electricidad de contacto). Opina Laín Entralgo,¹⁵ que la observada por el maestro boloñés bien podría llamarse electricidad metálica y en nada difiere de la electricidad ordinaria. Pero esto no permite rechazar la existencia de una verdadera electricidad animal.

En opinión de Volta, las contracciones musculares de las ranas, obtenidas por Galvani, no eran consecuencia de un imbalance natural de cargas entre nervios y músculos, sino que se debían a la fuerza electromotriz originada al poner en contacto

dos conductores diferentes (nervio y músculo) en un circuito de tres conductores (nervio, músculo y líquido), todos ellos de segunda clase y distintos el uno del otro.

Comentario

Galvani pudo demostrar la existencia de corrientes eléctricas en tejidos animales y sobre todo en los músculos: la sacudida muscular se obtenía también cuando se sustituían por un asa de vidrio los metales del circuito entre el nervio y el músculo. En un opúsculo anónimo de 1794,¹⁶ debido tal vez a Giovanni Aldini, se describe un experimento concerniente a las contracciones musculares de ranas sin ninguna intervención de metales. El maestro boloñés estudió asimismo, en 1795, los fenómenos eléctricos del pez Torpedo.¹⁷ Y en una carta de 1797 dirigida al biólogo Lázaro Spallanzani, catedrático de historia natural en la Universidad de Pavía, aceptaba la probable existencia de dos clases de electricidad: una animal y otra común.

Más aún, sus experiencias y su doctrina estimularon las investigaciones de Volta, las que resultaron muy provechosas en todos los campos.¹⁸ Atendido fielmente a la doctrina de la electricidad de contacto, este último inventó la pila eléctrica, hecho que anunció en una carta del 20 de marzo de 1800 a sir Joseph Banks, entonces presidente de la *Royal Society* de Londres. La carta se leyó en la sesión del 26 de junio sucesivo de dicha sociedad científica.¹⁹

Debe tenerse presente que la línea que va de Galvani, creador del modelo de la rana reoscópica (Figura 2) a Leopoldo Nobili, perfeccionador del galvanómetro inventado en 1811, y a Carlo Matteucci, llevó al conocimiento de la verdadera electricidad animal en la forma de corriente de lesión, (la corriente que fluye entre las partes dañadas y las intactas de un músculo). Fue Matteucci (1811-1868), catedrático de física en la Universidad de Pisa, el impulsor de los estudios de electrofisiología iniciados por Galvani. Estaba él profundamente convencido de que se producen fenómenos eléctricos en los tejidos animales y descubrió, pues, las corrientes de demarcación y de acción.^{20,21} Tal fenómeno será interpretado correctamente por Emil Du Bois-Reymond como "oscilación negativa del potencial de demarcación". De ahí

partió su labor decisiva en abrir todo el campo de la moderna electrofisiología.²² Un discípulo de Du Bois-Reymond, Julius Bernstein inventor del reótomo diferencial,²³ pudo asentar en 1871 las bases de la teoría iónica del potencial. El concepto de la permeabilidad iónica selectiva de la membrana, formulado por él, ha sido una de las contribuciones más importantes al conocimiento de la fisiología.²⁴

quier origen tienen los mismos efectos y, por tanto, deben considerarse idénticas.²⁵ Las doctrinas de Galvani y de Volta, pues, parecen incompletas. Pero el fecundo contraste de experiencias y el acicate recíproco entre sus escuelas permitió a Galvani imponerse como el precursor indiscutible de los modernos estudios electrofisiológicos y a Volta lograr uno de los avances tecnológicos más trascendentales.

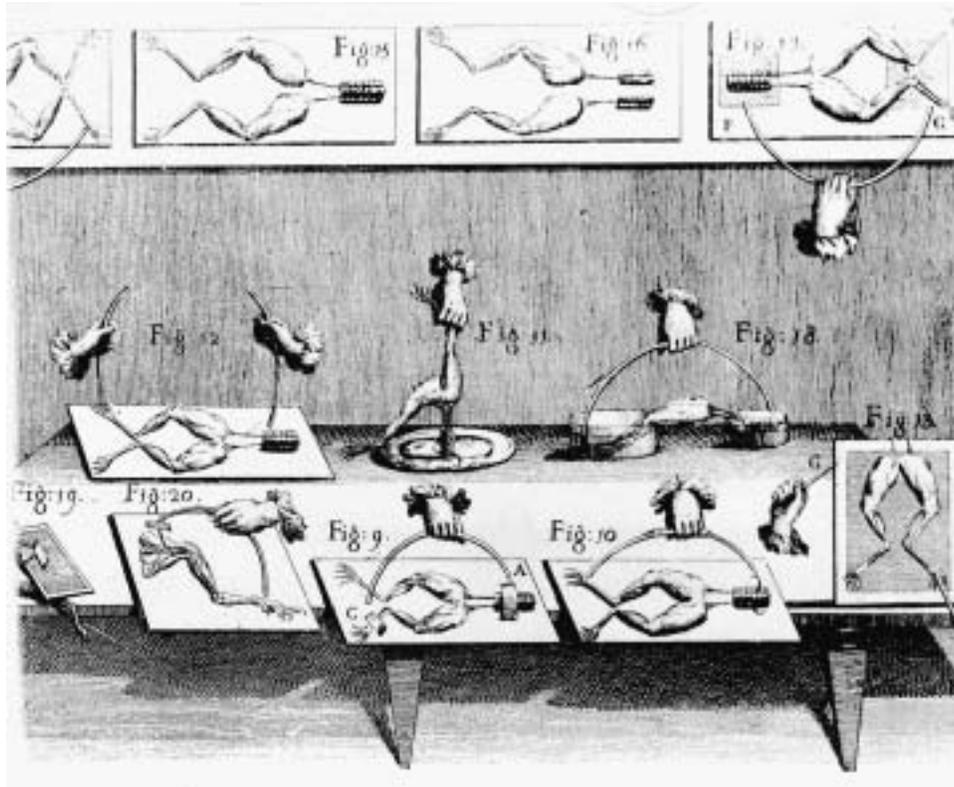


Figura 2. Ranas reoscópicas. Tabla II de la segunda edición de *De viribus electricitatis...* (Módeda, 1792). Tomada de la obra correspondiente a la referencia No. 23, p.46.

En conclusión se sabe ahora que existen ambas formas de electricidad: la verdadera electricidad animal y la común, y que la fuerza electromotriz originada en la pila se debe no tanto a la electricidad de contacto, sino a los procesos químicos que en ella se desarrollan. Además, como demostró Faraday en el siglo XIX, las electricidades de cual-

Referencias

1. **Priestley J.** The history and present state of electricity, with original experiments. 3rd ed. 2 vols. London. C. Bathurst; 1775.
2. **Gliozzi M.** L'elettrologia fino al Volta. 2 Vols. Nápoles, 1935.

3. **von Haller A.** *Elementa physiologiae corporis humani.* Lausana, Allard, 1757-1759.
4. Enciclopedia Italiana Treccani: Università di Bologna.
5. **Herrejón Peredo C.** Benito Díaz de Gamarra a través de su biblioteca. *Bol Inst Invest Bibl* 1988;2:149-189.
6. **Galvani A.** *De viribus electricitatis in motu musculari. Commentarius.* Bononiae, Ex Typographia Institutii Scientiarum, 1791.
7. **Walker WC.** Animal electricity before Galvani. *Ann Sci* 1937;2:84-113.
8. **Fontana F.** *Traité sur le venin de la vipère ... 1781.* Edición inglesa: *Treatise on the venom of the viper: on the American poisons.* Londres. John Cathel, 1795;2:283.
9. **Walsh J.** On the electric property of the Torpedo. (En carta dirigida a Benjamín Franklin). *Phil Trans* 1773;63:461-477.
10. **Mieli A.** Volta y el desarrollo de la electricidad. Buenos Aires, Espasa-Calpe Argentina;1944:p. 103.
11. **Du Bois-Reymond E.** *Untersuchung über tierische Electricität.* Berlín;1848.
12. **Mieli A.** Volta y el desarrollo de la electricidad. Buenos Aires, Espasa-Calpe Argentina;1944:p. 20.
13. Enciclopedia Italiana Treccani. Università di Pavia.
14. **Volta A.** *Opere.* Milán. Edizione Nazionale. Ed. Ulrico Hoepli, 1918-1930;p:39.
15. **Laín Entralgo P.** *Historia de la Medicina.* Barcelona. Salvat Ed. 1978. p. 309.
16. *Dell'uso e dell'attività dell'arco conduttore sulle contrazioni dei muscoli.* Bologna. Tip. S. Tommaso d'Aquino, 1794.
17. *Taccuino delle esperienze del Galvani sulla Torpedine fatte a Senigaglia ed a Rimini l'anno 1795.* (Gherardi, ed.). *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna* 1869;Serie 2. Vol. 9:177-179.
18. **Dibner B.** Galvani-Volta, A controversy that led to the discovery of useful electricity. Norwalk, Conn. Burndy Library, 1952.
19. **Volta A.** *Opere.* Milán. Edizione Nazionale. Ed. Ulrico Hoepli, 1918-1930;p.563.
20. **Matteucci C.** Sur le courant électrique de la grenouille: second mémoire sur l'électricité animale faisant suite à celui sur la torpille. *Ann Chim Phys* 1842;6:301.
21. **Matteucci C.** Sur un phénomène physiologique produit par les muscles en contraction, *Ann Chim Phys* 1842;6:339.
22. **de Micheli A.** Del *De viribus electricitatis.* de Galvani a la moderna electrovectorscardiografía, *Arch Inst Cardiol Mex* 1991;61:7-13.
23. **de Micheli A.** En torno al centenario de la electrocardiografía. *Arch Inst Cardiol Mex* 1988;58:265-271.
24. **Rudomin P.** La controversia Galvani-Volta sobre la electricidad animal. En: *Italia en la Medicina.* (J. Kumate, coord.). México. Ed. de El Colegio Nacional, 1997, pp. 219-243.
25. **Galvani L.** *Commentary on the effects of electricity on muscular motion* (Transl. by M. Glover Foley. Intr. and notes by I. B. Cohen). Norwalk, Conn. Burndy Library, 1953, p. 77.