

Ana Felicitas López Rodríguez

Profesora Titular de la Universidad de León
Departamento de Enfermería y Fisioterapia
Facultad de Ciencias de la Salud

HISTORIA DE LA ELECTROTERAPIA

**Lección Inaugural del Curso Académico
2022-2023
Campus de Ponferrada**



**universidad
de león**

ANA FELICITAS LÓPEZ RODRÍGUEZ
Profesora Titular de la Universidad de León
Departamento de Enfermería y Fisioterapia
Facultad de Ciencias de la Salud

HISTORIA DE LA ELECTROTERAPIA

ANA FELICITAS LÓPEZ RODRÍGUEZ
Profesora Titular de la Universidad de León
Departamento de Enfermería y Fisioterapia
Facultad de Ciencias de la Salud

HISTORIA DE LA ELECTROTERAPIA

LECCIÓN INAUGURAL
CURSO ACADÉMICO
2022-2023
CAMPUS DE PONFERRADA



universidad
de león



- © Universidad de León
Servicio de Publicaciones
© Ana Felicitas López Rodríguez

ISBN: 978-84-18490-66-8
Depósito legal: DL LE 267-2022

Diseño y maquetación digitales: David Aller Llamera
Imprime: Gráficas CELARAYN
Impreso en España / *Printed in Spain*
León, Septiembre 2022

A mis padres

Sr. Rector Magnífico

Sra. Vicerrectora del Campus de Ponferrada

Autoridades

Miembros de la Comunidad Universitaria

Señoras y Señores

PRÓLOGO

En primer lugar, quiero manifestar mi agradecimiento a la ULE, por haber sido invitada a compartir con ustedes esta lección inaugural. Es un honor y un privilegio estar hoy aquí y espero poder estar a la altura de esta responsabilidad.

Cuando la Sra. Vicerrectora del Campus de Ponferrada me propuso impartir esta lección inaugural, la primera pregunta que me vino a la mente fue: ¿qué tema puedo elegir?, pero pronto esa duda quedó resuelta. Este año tuvimos el privilegio de cumplir 25 años de historia en este Campus. Se hacía, por tanto, pertinente hablar de la historia, en concreto de Historia de la Fisioterapia, ya que además de ser mi campo profesional, de docencia e investigación, el Grado en Fisioterapia en nuestra Universidad cumplirá en este curso académico 2022-2023, 22 años de andadura. Desde el año 2001, en el que se iniciaron los estudios de Fisioterapia, inicialmente como Diplomatura, como Grado con posterioridad, he tenido el placer de contribuir, junto con otros compañeros, desde el primer momento a la implantación y consolidación de esta titulación en esta Universidad.

Deseo hacer hoy desde aquí, mi humilde homenaje y tributo y agradecer públicamente a todas las personas que me habéis ayudado en este proyecto de consolidación de los estudios de Fisioterapia en la Universidad de León.

También mi agradecimiento, a todos los alumnos y egresados que curso tras curso nos hacéis mejorar y dar sentido a nuestra labor docente.

Finalmente, dirigirme a mis seres queridos que me han guiado y me dan luz para llegar hasta aquí.

Contenido

1.INTRODUCCIÓN	19
1.1. Conceptualización de Fisioterapia y Electroterapia.....	19
2. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD EN LA ERA PRETÉCNICA.	21
2.1. Mitos Leyendas y Fuentes documentales.....	22
3. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE EL PERÍODO CLÁSICO.	25
3.1. Referencias clásicas a diversos fenómenos de Electricidad estática.	25
3.2. Las primeras aplicaciones de la Electroterapia a través de los peces eléctricos.	27
4. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE LA EDAD MEDIA.	31
4.1. Referencias a la Electricidad en las Etimologías de San Isidoro de Sevilla.....	33
5. LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE EL RENACIMIENTO Y EL BARROCO.....	35
5.1. Primeros experimentos sobre electricidad. William Gilbert.	36
5.2. Otto Von Guericke y su "invento eléctrico.	39
5.3. El movimiento Novator en España.	41

6. ELECTRICIDAD Y ELECTROTERAPIA DURANTE LA ILUSTRACIÓN.....	43
6.1. Inicio de los primeros generadores: los generadores electrostáticos.....	44
6.2. Una nueva forma de almacenar energía: la botella de Leiden.....	46
6.3. Principales autores destacados en el campo de la Electricidad en el siglo XVIII.....	48
6.4. Luigi Galvani y la teoría de la Electricidad Animal.....	52
6.5. Alessandro Volta y la teoría de la Electricidad Mineral. La invención de la Pila.....	56
6.6. La Electroterapia durante la Ilustración.....	58
6.7. Autores destacados en el campo de la Electroterapia.....	59
6.8. La Electroterapia en España durante el siglo XVIII.....	79
6.9. Las Reales Academias y su importancia en la difusión de la Electroterapia.....	85
8. LA ELECTROTERAPIA EN EL SIGLO XIX.....	91
8.1. Sinopsis sobre el estado de la Ciencia Europea durante el siglo XIX.....	91
8.2. La electroterapia durante el siglo XIX.....	93
8.3. Estado de la Ciencia en España durante el siglo XIX.....	107
8.4. La Electroterapia en España durante el siglo XIX.....	108
8.4.1. Obras destacadas en el campo de la Electroterapia en España durante el siglo XIX.....	109
8.4.2. Los primeros gabinetes dedicados a la Electroterapia en España.....	112

9. LA CIENCIA EN EL SIGLO XX.....	117
9.1. La electricidad del siglo XX: un cambio de paradigma	119
9.2. La electroterapia en el siglo XX.....	120
9.2.1. El electrodiagnóstico.....	121
9.2.2. La iontoforesis.....	124
9.2.3. La electroestimulación.....	125
9.2.4. Electroanalgesia.	129
10. CONCLUSIONES.....	133
11. BIBLIOGRAFÍA.....	135

1. INTRODUCCIÓN.

Dado el carácter generalista que posee una lección inaugural en un curso académico, al carácter multidisciplinar de la audiencia, y también por la limitación de tiempo, sería poco realista tratar de abarcar un periodo histórico tan amplio, intentando ser exhaustiva y realizar descripciones excesivamente técnicas y especializadas. Además, en aras de hacer más atractiva y dinámica la exposición, se ha optado por destacar solo alguna de las muchas figuras de las que deberían de estar hoy incluidas aquí.

1.1. Conceptualización de Fisioterapia y Electroterapia.

Para contextualizar correctamente el tema, comenzaremos por definir qué es Fisioterapia. La palabra nace a partir de la unión de dos vocablos griegos: “*physis*” (naturaleza) y “*therapeia*” (tratamiento). Su definición ha sufrido diferentes modificaciones a lo largo del tiempo, desde la inicial en la OMS en 1968 que la consideraba como “el arte y la ciencia del tratamiento físico, es decir, el conjunto de técnicas que mediante la aplicación de medios físicos (ejercicio terapéutico, calor, frío, agua, masaje y electricidad), curan, previenen, recuperan y readaptan a los pacientes susceptibles de recibir tratamiento físico”, hasta la realizada por la Confederación Mundial para la Fisioterapia (WCPT), en 2006, que la define como “el conjunto de métodos, actuaciones y técnicas que, mediante la aplicación de medios físicos, curan, previenen y adaptan a personas afectadas de disfunciones somáticas y

orgánicas o a las que se desea mantener un nivel adecuado de salud". Aunque han existido modificaciones a esta última, se ha querido destacar por ser una de las más utilizadas en nuestro ámbito.

Dentro de la Fisioterapia, como profesión y como Ciencia, una de ramas de las que se ocupa es la Electroterapia. Atendiendo a su etimología la palabra deriva del término griego "λεκτρον (elektron)", ámbar, y *therapeia* o curación. Debido a las propiedades electrostáticas del ámbar, derivaron los términos ingleses "electron" y "electricity", y posteriormente los términos "electrón" y "electricidad" se incluyeron en el idioma español. Se puede definir la Electroterapia como "la aplicación de energía electromagnética al organismo (de diferentes formas), con el fin de producir sobre él reacciones biológicas y fisiológicas, las cuales serán aprovechadas para mejorar los distintos tejidos cuando se encuentran bajo alteraciones metabólicas."

En la actualidad las principales aplicaciones de la Electroterapia pueden diferenciarse entre la electroanalgesia, la electroestimulación, el electrodiagnóstico y la iontoforesis.

Tras un marcado desarrollo durante el siglo XX y XXI, el ámbito de la Fisioterapia, y, por ende, la Electroterapia, está siendo cada día más y mejor y su *corpus* de conocimiento se haya bien constituido. El *corpus* de conocimiento de una Ciencia está conformado también por el conocimiento de su Historia.

2. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD EN LA ERA PRETÉCNICA.

La Era Pretécnica comprende la etapa de la Historia que se desarrolla desde el origen del hombre hasta la Antigua Grecia en el siglo VI a.C., donde comienza la denominada Era Técnica.

A diferencia de otros agentes Físicos, utilizados por las antiguas civilizaciones, como el agua, la terapia manual, el frío o el calor, el fenómeno de la electricidad, ha tardado siglos en comprenderse y en poder quedar a disposición del hombre para sus diversas utilidades. y por ende su uso en la terapéutica y el diagnóstico, se realizarían igualmente de modo mucho más tardío.

El primer contacto que tendrían los humanos con el fenómeno eléctrico sería a partir de los rayos que podían observar durante una tormenta. Naturalmente no comprendían el fenómeno y seguramente podríamos aventurar que lo experimentaban con temor.

La pregunta que surge por tanto es: ¿en qué momento los humanos nos convertimos en “cazadores de rayos”?

No se ha hallado ninguna referencia científica de la utilización de la electricidad en el hombre primitivo, ni en las grandes culturas de la Antigüedad (Mesopotamia, China, India y Egipto), a diferencia de

numerosas fuentes (como el papiro de “Edwin Smith”) que refieren como en éstas ya se aplicaban, barros, masajes y movilizaciones para tratar diferentes enfermedades.

2.1. Mitos Leyendas y Fuentes documentales.

Diversos hallazgos arqueológicos han dado pie a múltiples teorías sobre el uso de la electricidad en las antiguas civilizaciones. Sin embargo, las revisiones rigurosas sobre esta temática han arrojado que dichas teorías no pasan de ser meras especulaciones. Más por curiosidad que por su valor científico, se hará a continuación referencia a alguna de ellas.

En la antigua civilización egipcia, el cronista árabe Abd al-Latif (1162-1231), hacía mención, en el año 1200, al recubrimiento metálico del obelisco de Sesostris I, en Heliópolis. Se encontraron más referencias de la utilización de estos recubrimientos metálicos en diversos obeliscos, a modo de pararrayos, que protegían las inmediaciones de los templos. Algunos estaban recubiertos de una aleación de oro, plata y cobre que recibía el curioso nombre de “electrum”. Algunos autores han querido ver en estas construcciones un claro ejemplo del uso primitivo de un pararrayos. Sin embargo, ninguna fuente documental apoya esta explicación.

También, en algunos relieves de la antigua civilización egipcia, según han señalado algunas fuentes, podrían encontrarse referencias a un primitivo conocimiento de la electricidad. Entre éstas últimas, destacarían las encontradas en el interior del templo de Hathor, en Dendera, en las que, según algunos investigadores, se puede observar la representación de objetos similares a las lámparas o bombillas actuales. Estas descripciones indican un desconoci-

miento total sobre la mitología egipcia y sobre las representaciones de sus dioses, por lo que buscan interpretaciones faltas de rigor y sin ninguna base científica.

Otro tema de controversia han sido las denominadas *Pilas de Babilonia*. En 1938, el arqueólogo alemán Wilhelm König desenterró en una excavación cerca de Partia, un jarrón de arcilla, que contenía un cilindro de cobre con una barra de hierro en su interior. El jarrón se ha datado como perteneciente al Imperio sasánida (226-651 d.C.), no sin cierta controversia. Se ha comprobado que estos objetos pueden llegar a producir pequeñas descargas eléctricas (en torno a 1,5 V.), pudiendo identificarse, para algunos autores como los primeras baterías o generadores de electricidad construidos. No existe ningún registro documental que explique el uso que se les daba a estos recipientes, por lo que solo queda la especulación sobre sus posibles aplicaciones. Tal vez religiosos, tal vez medicinales, aun admitiendo que sirvieran para galvanizar pequeños objetos, si parece claro que en este periodo no se conocía en absoluto el fenómeno de la electricidad. Actualmente se conservan varios de estos objetos en el Museo Nacional de Irak.

Aunque se ha considerado interesante al menos reflejar las especulaciones que se han realizado respecto al conocimiento o no de la electricidad en la Era Pretécnica, todos los historiadores coinciden en que en esta época se utilizaban recursos físicos más accesibles (barros, hierbas, masajes) con fines higiénicos o terapéuticos, desconociéndose otros agentes físicos como la electricidad.

Además, en todas las aplicaciones terapéuticas, predominaban el empirismo y el componente mágico-telúrico frente a la curación de la enfermedad.

3. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE EL PERÍODO CLÁSICO.

3.1. Referencias clásicas a diversos fenómenos de Electricidad estática.

El periodo que abarca desde los siglos VI y V a.C., fue una época de gran desarrollo en la civilización griega desde diferentes campos: literario, artístico, filosófico, científico, médico y político. Este avance fue en gran medida debido a las especiales condiciones intelectuales del pueblo griego y a la coincidencia en el tiempo de grandes personajes del mundo clásico (Esquilo, Sofócles, Tucídides, Pericles, Hipócrates, Sócrates, etc). También fue un pueblo que supo asimilar conocimientos de culturas y civilizaciones anteriores (egipcios, persas, mesopotámicos, sumerios, etc.).

Desde la Antigüedad los primeros fenómenos relacionados con la electricidad se observaron en materiales que podían atraer pequeños pedazos de papel y paja, después de haber sido frotados con ciertos tejidos. Este fenómeno, que en la actualidad reconocemos fácilmente como electricidad estática, no encontró fácil explicación en este momento. Para interpretar estos fenómenos, surgieron ideas cargadas de fantasía que prácticamente colindaban con la magia.

Destaca en este ámbito la figura de Tales de Mileto (639-547 a.C.) que fue el primero en obtener la electricidad estática de forma artifi-

cial. Al frotar ámbar amarillo observó que éste era capaz de atraer objetos ligeros, como pajitas, o trocitos de madera. A él se deben también las primeras investigaciones sobre la materia de los relámpagos y del rayo; pero estas referencias no llegaron a formar un cuerpo de doctrina, permaneciendo largo tiempo en el olvido.

Se encuentran tres siglos más tarde otra referencia interesante a los fenómenos atractivos del ámbar, en la obra de Theophrastus de Eresos (374-287 a.C.), quien escribió, entre otras, un tratado titulado *Sobre las piedras*. En él clasificaba los minerales basándose en su comportamiento al ser calentados y en función de sus propiedades comunes. Reconoció en el ámbar y el lincurio el poder de atraer diferentes materiales al ser frotados, tratando de explicar dicha propiedad admitiendo “la animación” de la materia.

Se encuentran también referencias a este fenómeno en otros autores clásicos como Strabon, Dioscórides o Plutarco, destacando especialmente la realizadas por Gayo Plinio II “Plinio El Viejo” y su obra *Naturalis Historia* (79 d.C.). En ambas se recoge ampliamente las propiedades atractivas de ella, aunque en momento alguno se deduce alguna posible aplicación práctica sobre este fenómeno.

Los clásicos, intentaron buscar explicación a este fenómeno de atracción de los cuerpos como el ámbar, por una “eflucción”, “emanación”, o “efluencia” y “refluencia” de sus átomos. Platón habla del fenómeno de “circumpulsión”, que consistía en que “abiertos los poros de los cuerpos eléctricos mediante su frotación, salía cierta materia sutil que, moviéndose circularmente alrededor de ellos, arrebatava en su movimiento los cuerpos muy leves, y los impelía hacia ellos”.

Entre los diferentes filósofos romanos que residieron en Hispania durante el Imperio Romano es reseñable la figura de Lucio Anneo Séneca (4a.C-65 dC). Entre sus numerosos escritos se destaca la obra titulada *Naturales Quaestiones* (54 d.C.), Cuestiones Naturales. Son siete libros de poca originalidad, que poseen clara referencia a la obra *Historia Natural* de Plinio El Viejo, pero aun así fueron tremendamente populares durante la Edad Media. En esta obra se hacen varias referencias a la naturaleza del rayo: “para el observador son maravillosos los efectos del rayo y no permiten dudar que hay en él energía sobrenatural, inapreciable a nuestros sentidos.”

A pesar de los múltiples testimonios conocidos sobre la atracción que el ámbar y otros minerales ejercían sobre otros objetos, no hay ninguna referencia de que a este fenómeno se le encontrase alguna utilidad, y mucho menos que se usara con fines curativos.

3.2. Las primeras aplicaciones de la Electroterapia a través de los peces eléctricos.

Las primeras aplicaciones de la Electricidad con fines terapéuticos se realizaron a través de los peces eléctricos pese a que en esos momentos no se conocía el fenómeno de la electricidad.

La primera referencia que se tiene sobre el uso de los peces eléctricos como tratamiento de diferentes patologías es la realizada por Celso Aulo Cornelio, conocido como “Scribonius el Largo”, que en el siglo I fue el médico oficial del emperador romano Claudio, en su obra *De Compositionibus Medicamentorum*¹. En esta obra aparecen las que podrían consi-

1 *De Re Medica Libri Octo, inter Latinos eius professionis autores facilè principis: ad veterum & recentium exemplarium fidem, necnon doctorum hominum indicium, summa diligentia excusi -De Compositionibus Medicamentorum liber unus.* Aunque se perdieron alguna de las partes, la primera edición en la Era Moderna se editó en París por Christianum Vuechel y Simon Siluius (Dubois) entre 1528 y 1529.

derarse como las primeras referencias históricas sobre la estimulación eléctrica por vía transcutánea para el tratamiento del dolor:

“Cuando se aplica el torpedo negro vivo a una zona dolorosa, alivia y cura permanentemente algunas cefaleas crónicas e intolerables siempre que el dolor esté localizado y no exista sensibilidad, y puede que sea necesario ensayar dos o tres variedades antes de sentir la insensibilidad; este embotamiento es la señal de la curación”. [...] Cuando se dispone de un torpedo negro vivo y se aplica debajo de los pies hace desaparecer el dolor de la artritis. El paciente debe permanecer de pie en el agua junto a la arena y el torpedo debe adormecer todo el pie y la pierna hasta la rodilla. Cuando esto sucede se alivia el dolor y la curación es permanente. Así se curó Antero, esclavo de Tiberio”.

Se ha encontrado también una referencia (Whittaker, 1989) sobre la utilización de peces eléctricos en la antigua medicina tradicional china, en la que se prescribe su aplicación para el tratamiento de la ptosis (caída del párpado) en una parálisis facial. El texto recoge unas indicaciones de cómo realizar esta terapia: “Cortar la cola de un pez gato vivo y colocarla directamente sobre la zona paralizada todas las mañanas. El párpado caído se corrige inmediatamente”.

Los antecedentes referidos sobre el uso de las descargas de determinados animales por parte de los clásicos son más bien anecdóticos y desprovistos de un soporte teórico suficiente como para considerarlos como parte consolidada de un sistema médico. Se limitaron a observaciones sobre las propiedades físicas de atracción de minerales como el ámbar y a algunas aplicaciones terapéuticas directas en un baño de agua por medio de peces eléctricos. Sin embargo, además de

por su curiosidad histórica, es muy importante señalar que, a través del estudio del fenómeno eléctrico en estos animales, se ha llegado a importantes hallazgos en neurología.²

2 Francesco Redi (1626-1697), y luego su discípulo Stefano Lorenzini (1652-1700), fueron los primeros en diseccionar el pez torpedo. Ambos concluyeron, correctamente según comprobaría con posterioridad, que el órgano eléctrico especializado era esencialmente tejido muscular ordinario modificado. Estos estudios aparecieron reflejados en su obra *“Esperienze intorno a diverse cose naturali e particolarmente a quelle che ci sono portate dalle Indie”*. Florencia, 1671. Stefano Lorenzini consideró que el choque eléctrico de estos animales era causado por la expulsión súbita y rápida, desde el órgano especializado, de “un efluvio microscópico o de corpúsculos”.

El francés Jean Richer (1630-1696), realizó una expedición a Cayenne, en la Guyana francesa, en la que fue redescubierta la propiedad de las descargas eléctricas de los peces en el tratamiento de los dolores agudos, al estudiar el gimnoto viviente de aquellas aguas. Los primeros exploradores y colonos de América del Sur reportaron también que los indios nativos trataban la gota con la anguila eléctrica. Cfr. J. Richer. París, 1679.

Investigaciones posteriores, han descrito diferentes tipos de peces eléctricos como el pez torpedo, o raya eléctrica, dentro de la familia Torpedinidae, que puede producir choques eléctricos (con voltajes que oscilan entre los 45 hasta los 100-150 voltios); el pez gato eléctrico o *Parasilurus asota* y el *Electrophorus electricus*, o *Gymnotus electricus* (un pez de agua dulce, en el Amazonas y Orinoco) que pueden producir hasta 600 voltios. Cfr. H. W. Chau «El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal». Elementos 65, nº 14 (Enero-Marzo 2007):49.

Los trabajos experimentales realizados con peces eléctricos durante el siglo XX han significado un gran avance para el desarrollo de la electrobiología y la comprensión de las sinapsis colinérgicas tanto a nivel celular como molecular. Gracias al estudio de estos peces, se consiguió aislar y describir la acetil-colina como el primer neurotransmisor implicado en la unión neuromuscular, hallazgo fundamental en la historia de la bioquímica y la neurofisiología. En las últimas décadas se ha conseguido la secuenciación de un receptor acetil-colinérgico, además del aislamiento y descripción bioquímica de una vesícula colinérgica. Cfr. V. P. Whittaker, op. cit., pp. 275-287.

4. REFERENCIAS A LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE LA EDAD MEDIA.

La Edad Media o Medievo es el periodo histórico que en occidente se sitúa entre los siglos V y XV, situándose su inicio en el año 476, año de la caída del Imperio Romano en Occidente. Se extenderá a partir de entonces el dominio del Imperio Bizantino, que se mantendría hasta la conquista de Constantinopla por los otomanos, en el año 1453. Las tres grandes culturas medievales, el Islam, Bizancio y el Occidente Cristiano, fueron las depositarias del saber grecolatino. El pensamiento de Galeno ejerció una profunda influencia en la medicina practicada en el Imperio Bizantino, principalmente a causa de la lengua común, el griego bizantino.

Los historiadores médicos dividen el estudio de la medicina bizantina en dos etapas: la primera, conocida con alejandrina, que llegaría hasta el año 642, fecha de la conquista de Alejandría por los árabes; y la segunda, que se alargará hasta el final del Imperio Bizantino, denominada constantinopolitana. Ambas etapas poseerán características comunes.

En la Edad Media, el cristianismo, por razones morales y religiosas, condenaba todo tipo de exhibición corporal, esto conllevó un abandono en el cuidado del cuerpo y la belleza. Si a esto le unimos la concepción preferentemente galénica, es decir, humoral, de la enfermedad, el interés y la práctica de las terapias físicas decayeron notablemente,

siendo muy escasas las aportaciones originales en este campo. Por el contrario, tendría un gran auge la alquimia.

No se debe, sin embargo, caer en el tópico de hablar de la época medieval como una época oscura y sin apenas avances científicos. Durante este período existió en España el foco de una civilización brillante, con la creación y desarrollo de la Escuela de Traductores de Toledo, la presencia de escuelas de Literatura, Ciencias y Artes, la creación de Universidades (Palencia, Valladolid, Salamanca, Santiago de Compostela, Alcalá de Henares) y la fundación de importantes museos y riquísimos monumentos, que junto con la creación y desarrollo de las órdenes religiosas, Dominicos y Franciscanos, atraerían a multitud de estudiantes de todas las regiones de Europa, Asia y África

En esta etapa se encuentran de nuevo referencias al empleo de los peces eléctricos para el tratamiento de diversas patologías en la obra de Aecio de Amida (s. VI d.C.): “Dieciséis libros médicos o *Tetrabiblion*”, compendio del saber médico del Imperio bizantino, heredado a su vez de Galeno, “También en tiempo de Galeno se conocían las propiedades eléctricas de la raya o torpilla y hasta se habían aplicado como agente de curación en ciertas parálisis, en la gota, etc.”

En relación con el fenómeno de la atracción electrostática de piedras como el ámbar aparecen de nuevo referencias en obras como la de Al-Biruni (973-1048), que en su obra *Gemas*, además de hablar de este fenómeno, realizó interesantes aportaciones sobre la luz y el calor. Otros autores que, en sus tratados de alquimia y piedras preciosas tangencialmente citaron el fenómeno de la electricidad estática producido por el ámbar, fueron Abul-Cassem, Abu Baker Muhammad (Avenpace) (1095-1139) y Abū l-Walīd Muhammad (Averroes) (1126-1198).

4.1 Referencias a la Electricidad en las Etimologías de San Isidoro de Sevilla.

San Isidoro de Sevilla (556-636), fue una figura fundamental en España durante la época medieval. Condensó en sus *Etimologías*, verdadera enciclopedia que sirvió de guía a los eruditos de su época, toda clase de doctrinas y conocimientos que la Iglesia latina heredó de anteriores saberes. En esta obra encontramos las primeras referencias sobre los fenómenos magnéticos y de electricidad, pese a que todavía no se hallaba explicación alguna a los mismos. Destacaba la naturaleza de varias piedras preciosas que también presentaban propiedades atractivas, como el azabache de Cilicia, el asbesto de la Arcadia, la hematites o el succino: “El succino, que llaman los griegos electrón, tiene la propiedad, que adquiere cuando se le frota con los dedos, de desarrollar cierto calor vital y atraer las hojas, las pajas y los ruedos de los vestidos, como el imán atrae al hierro”.

Aquí está describiendo claramente el fenómeno de la electricidad estática, y comparándola con la acción magnética.

San Isidoro de Sevilla sería referencia en España durante siglos para muchos autores y ejercería una capital influencia hasta bien entrado el período de la Escolástica. Ni un momento se interrumpió durante la Edad Media. El estudio de sus *Etimologías*, constituían un texto básico entre los escolásticos en España. Sin embargo, en alguno de sus capítulos, están “calcadas”, de la *Historia Naturalis* de Plinio.

Dentro de las obras escolásticas, que tratasen el tema de la electricidad electrostática señalar también la obra escrita por San Alberto Magno (1193-1206) y titulada *Virtue of Herbs, Stones and Certain Beasts*, publicada en Inglaterra en 1604.

Pese a que cualquiera de las obras de los autores señalados podría haber abierto una línea de investigación en este tipo de fenómenos, apenas si aparece alguna otra referencia durante este periodo. No se realizaron nuevos progresos durante siglos en esta materia, lo que prueba el escaso interés que en la Edad Media generaba la atracción electrostática.

Al igual que en siglos anteriores, aparte de las mencionadas aplicaciones de peces eléctricos y de referencias al ámbar y sus propiedades atractivas, el fenómeno eléctrico durante el período medieval sigue siendo absolutamente desconocido.

5. LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTROTERAPIA DURANTE EL RENACIMIENTO Y EL BARROCO.

El Renacimiento no significó una negación absoluta del mundo medieval, ni supuso una brusca ruptura con éste, sino que fue un desarrollo evolutivo, más o menos rápido de lo que se había ido gestando en siglos anteriores.

Se debe señalar, sin embargo, que durante el período histórico que abarca los siglos XVI y XVII se asiste al nacimiento, la expansión y la consolidación de lo que tradicionalmente se ha venido llamando la “revolución científica”.

Igualmente se produjo una revolución en la producción de obras médicas y sobre el cuidado al cuerpo, pero pese a esta fecundidad, el siglo XVI fue poco relevante en cuanto a los hallazgos y estudios relacionados con la electricidad. Destacan, sin embargo, las obras de dos autores: Gerolamo Cardano y especialmente William Gilbert.

Gerolamo Cardano (1501-1576) publicó dos *Enciclopedias de Ciencias Naturales* que contenían una amplia variedad de temas. En su obra *De subtilitate Rerum*, ya distinguía, quizá por primera vez, entre las fuerzas eléctricas y las magnéticas (las diferencias entre el ámbar y la magnetita o, como él la llamaba, “piedra imán”):

“el ámbar arrastra muchas clases de cuerpos, en tanto que la magnetita solamente lo hace con el hierro; el ámbar puede atraer sin moverse; el imán actúa a través de pantallas de papel y el ámbar no; el imán atrae hacia sus polos, en tanto que el ámbar hala en todas direcciones y el ámbar arrastra de manera más efectiva después de calentarse, mientras que el calor no afecta a la magnetita”.

Con estas pruebas intentaba introducir una teoría de la Electricidad estática, que se apartaba de la Filosofía renacentista y se acercaba a la Filosofía mecanicista emergente en esa época. Estas ideas tuvieron gran repercusión entre sus coetáneos, aunque, lógicamente, desde el punto de vista actual, estaban plagados de teorías mágicas y supersticiosas. Sus trabajos no tendrían ninguna repercusión en el campo de la Medicina.

5.1. Primeros experimentos sobre electricidad. William Gilbert.

El otro autor destacado fue William Gilbert (1544-1603). Su obra fue notable, no solamente por los frecuentes ejemplos de filosofía inductiva que contenían, sino también por la propuesta de realizar un acceso a la Ciencia a través de la experimentación. Gilbert introdujo con firmeza la idea de que el verdadero entendimiento de la naturaleza sólo viene de los experimentos y las observaciones. Fue uno de los primeros filósofos naturales de la era moderna en llevar a cabo experimentos en el campo de la electrostática y el magnetismo, realizando para tal fin incontables experimentos que describía con todo lujo de detalles en sus publicaciones.

En su principal obra, *De Magnete*³, demostró que la electricidad por fricción ocurre en otras materias, además de en el ámbar. Proporcionó

3 *Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure; Physiologia nova, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata*, (Sobre el imán y los cuerpos magnéticos y sobre el gran imán la Tierra). Londres: Chiswick Press, 1600. La primera traducción al inglés, con sólo 250 copias, fue realizada por Silvanus Thomson, para el Gilbert Club, en Londres, en el año 1900.

un discurso sistemático sobre el magnetismo, e introdujo como fenómeno a considerar la fuerza entre dos objetos cargados por fricción. A través de sus experiencias clasificó los materiales en conductores y aislantes e ideó el primer electroscopio. Señaló una de las principales distinciones entre magnetismo y electricidad: que la fuerza entre objetos magnéticos tiende a alinearlos entre sí y les afecta poco; y que la fuerza entre los objetos electrificados es principalmente de atracción o repulsión entre los mismos y la materia les afecta mucho. Gilbert atribuía la electrificación del cuerpo por fricción a la eliminación de un fluido o humor que dejaba un efluvio o ambiente alrededor del cuerpo. La terminología que utilizaba era incorrecta, pero si a “humor” lo llamamos “carga” y a “efluvio” lo convertimos en “campo eléctrico”, veríamos lo acertado de sus propuestas. Bautizó a esta fuerza con el nombre “*Vim electricam*”, “la fuerza ámbar”, utilizando el adjetivo latino “*electricam*” para señalar la fuerza producida en el “*electrum*” (forma latina de la palabra griega ámbar).

Fue el primer autor por tanto en introducir los términos: “atracción eléctrica”, “fuerza eléctrica” y “polo magnético”. La denominación de “virtud eléctrica” por “virtud ambarina”, para designar la “fuerza de atracción”, tuvo tal éxito que ha llegado a utilizarse como raíz en la denominación de la electricidad en la mayoría de los idiomas.

Debido a los hechos referidos, William Gilbert es considerado como el padre del Electromagnetismo moderno.

El XVII fue el gran siglo de la Revolución Científica, cuando aparecen Newton, Descartes, Huygens, Pascal y otras grandes figuras que fundarían la Ciencia de Europa y de Occidente.

Durante este siglo, al igual que ocurrió en el anterior, los avances en el desarrollo del conocimiento de la electricidad fueron todavía muy escasos. En relación con este campo se destacarán las referencias realizadas por el filósofo inglés Sir Thomas Brown y especialmente las de Otto Von Guericke.

Entre la producción científica de Sir Thomas Brown Knight (1605-1682), destacó la obra titulada *Pseudodoxia Epidemica*⁴, recopilatorio de diversos saberes de la época y de los clásicos. En ella destaca las creencias erróneas, existentes en la sociedad inglesa de su época. En este volumen, dedicaba el capítulo IV al fenómeno de la electricidad y lo tituló *Of bodies Electrical*.

Hasta mediados del siglo XVII la única manera que se conocía de electrizar un cuerpo era frotándolo con un paño, manualmente. Ya electrizado en esa forma, con ese cuerpo podían hacerse los sencillos experimentos que se conocían, o pasarse parte de su carga a otros cuerpos. Se han encontrado algunas referencias (Robertson, 1925), aunque no muy detalladas, sobre que en siglo XVII se utilizaba el ámbar para generar electricidad estática, frotándolo sobre la piel en el tratamiento de algunas enfermedades cutáneas, la inflamación y las hemorragias o que se colocaban pequeñas laminillas de oro y otros metales para prevenir la formación de cicatrices causadas por las lesiones debidas a la viruela.

En ese momento no se conocía el fundamento de esta acción, pero ahora se ha estudiado el efecto que producen los cambios del potencial de acción en la curación de heridas y la cicatrización de la piel.

⁴ El segundo volumen de esta obra lo tituló: *Of sundry popular Tenents concerning Minerall, and vegetable bodies, generally held for trueth, which examined, prove either false, or dubious.*

Queda claro que estas referencias aisladas y fragmentarias, están muy alejadas del conocimiento de la electricidad como fenómeno físico y su efecto terapéutico en el organismo.

5.2. Otto Von Guericke y su "invento eléctrico".

La figura de Otto Von Guericke (1602-1686), es referencia obligada en el ámbito de la electricidad, ya que a él se debe el descubrimiento del primer generador electrostático en el año 1663. Lo construyó a partir de una esfera de azufre, ofreciendo una descripción sobre cómo construirlo en su libro *Experimenta Nova*⁵.

“Si quieres realizar este experimento, coge un globo de cristal de tamaño de la cabeza de un niño y llénalo de azufre triturado. Coloca el globo encima de un fuego hasta que el contenido sea líquido. Cuando el líquido se haya solidificado, rompe el cristal, saca la bola y guárdalo en un lugar seco. Luego haz un agujero en la bola e inserta una vara de hierro que sirva como una especie de eje. El eje debe ser apoyado en dos caballetes de madera para que pueda ser girado y friccionado”.

Cuando frotaba la esfera con sus manos, pudo observar muchos de los fenómenos que ahora reconocemos como electrostáticos: recibía descargas, fenómenos de atracción y repulsión, pequeños chispazos en la oscuridad y pequeños chasquidos:

Realizó este experimento principalmente para refutar las teorías de Gilbert, quien consideraba la Tierra como imán. Como sus ideas se concentraban en intentar demostrar una especie de efecto gravitatorio

⁵ Von Guericke, O. *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*. Libro IV, Capítulo 3. Amsterdam: Joannem Jannonium, 1672, p. 128.

de nuestro planeta y no sobre la electricidad, se prestó poca atención al hecho de que se había inventado el primer generador electrostático. Pese a haberse publicado su descubrimiento en 1672, hasta el siglo XVIII no se reconocería la naturaleza eléctrica de este experimento. Por esta causa, algunos autores consideran que el primer generador electrostático fue el diseñado por Hauksbee, ya que, aunque posterior, ha sido el que ha llegado hasta nuestros días.

En el ámbito de la Física la figura de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) quien se interesó por los trabajos que Otto Von Guericke estaba realizando en relación con los generadores de electricidad. Leibniz mantendría correspondencia con Guericke solicitándole diversos detalles sobre sus experimentos, a lo que éste respondió enviándole una esfera de azufre, con la que Leibniz pudo corroborar la producción de chispas eléctricas por medio de la frotación. Este fenómeno lo recogió en su libro *Hypothesis Physica Nova* (Nuevas hipótesis físicas), publicado en 1671. Leibniz, en su ingente obra, aportó un concepto revolucionario que superaría a la hasta entonces esa que falta imperante Física de Newton y la concepción de la materia de Descartes. Consideraba como propiedades esenciales de la materia la extensión y la fuerza y que debían asignarse fuerzas a todos los puntos de la materia, y no solo a partículas de tamaño finito. Desarrolló ideas como “fuerzas de atracción y de repulsión”. Estos conceptos ejercerían con posterioridad una poderosa influencia en la obra de Faraday y en su “teoría de los campos de fuerzas eléctricas”.

En la Física del siglo XVII se hace imprescindible la referencia a Isaac Newton (1642-1727), quien, además de elaborar la célebre teoría de la gravedad en el campo de la Física eléctrica también realizó diferentes experimentos. Descubrió que la electricidad se transmitía a través del vidrio y elaboró la teoría de que ésta pudiera ser un princi-

pio etéreo puesto en movimiento por las vibraciones de las moléculas de los cuerpos.

Se destaca también durante este siglo la aparición de las primeras revistas científicas. Fruto de una producción cultural cada vez más elevada, se hacía necesario un medio de comunicación riguroso más ágil que el libro y más abierto que la correspondencia entre científicos. Las dos primeras revistas científicas surgieron como iniciativas personales, basadas todavía en la correspondencia científica: el *Journal des Sçavans* (enero de 1665) del francés Denis de Sallo y la *Philosophical Transactions*, (mayo de 1665) del alemán residente en Londres Heinrich Oldenburg. A partir de ellas surgieron múltiples publicaciones, en la mayoría de ellas comenzaron a aparecer las teorías de diversos autores presentando sus experimentos sobre Electricidad y Electroterapia.

5.3. El movimiento Novator en España.

Hay que señalar que durante el siglo XVI y XVII los “Kepler, Galileo o Newton”, parecieron quedar lejos de nuestras fronteras. Por un lado, los Pirineos y, sobre todo, la cerrazón del país a todo contacto con el continente, consiguieron reunir de nuevo lo natural y lo sobrenatural y desterrarían prácticamente de España la investigación científica y la filosofía racional, ocupando su lugar las supersticiones y la Teología. España y Europa no volverían a correr a la par hasta el siglo XVIII.

Sí debe destacar, sin embargo que, en las últimas décadas del siglo XVII, un grupo de pensadores decidió, no sin pocos problemas e impedimentos de todo tipo, que había llegado el momento de abrir las fronteras culturales e intelectuales a los nuevos aires procedentes de Europa. Así, se agruparon en tertulias particulares en las que se abordaba el pensamiento de filósofos clásicos (Demócrito, Empédocles, Platón) y

modernos, (como Honorato Fabri, Atanasio Kircher o Descartes). Este trabajo de investigación, introducción y divulgación del pensamiento moderno en su sentido más amplio fue obra de los denominados Novatores. Ellos fueron los encargados de introducir en España la nueva ciencia europea, al margen de las instituciones oficiales, a través de diversas tertulias que darían lugar a la creación de nuevas agrupaciones, claros antecedentes de las academias del siglo XVIII.

El *Discurso político y físico* del milanés Juan Bautista Juanini⁶ (1636-1691), inició una línea de renovación científica dentro de este movimiento, que se consolidaría a partir de los trabajos realizados por varios autores, agrupados en diferentes núcleos geográficos en España y en varias especialidades como médicos, astrónomos, físicos, etc.

Entre los Novatores se destaca la figura de Tomás Vicente Tosca⁷ (1651-1723), quien en su obra *Compendium Philossophicum*, realiza diversas observaciones sobre el fenómeno eléctrico.

Los Novatores representarían lo que podríamos definir como una primera etapa de pre-ilustración y fueron el claro precedente de la Ilustración que se desarrollaría en España posteriormente, muy avanzado ya el siglo XVIII. Las obras de estos autores se reimprimieron de modo continuado a lo largo de todo el siglo XVIII y su herencia significó una plataforma de salida y de enorme fecundidad. Esto favoreció la introducción de forma paulatina hacia “la España de las luces”, lo que ayudaría a librar al país del aislamiento exterior al que había estado sometido durante cerca de dos siglos de rutina e inmovilismo.

6 Publicó en 1865 su obra: *Nueva Idea Physica Natural demonstrativa*, origen de las materias de las cosas. Zaragoza: Herederos de Domingo la Puyada, 1685.

7 T. V. Tosca. *Compendium Philossophicum*. Vol. 8, lib. 1, cap. 3. Valencia: Imp. de Antonio Marin, 1721.

6. ELECTRICIDAD Y ELECTROTERAPIA DURANTE LA ILUSTRACIÓN.

El período que se extendió desde la segunda mitad del siglo XVII hasta el final del siglo XVIII, es el que significó la transición entre la Ciencia clásica, todavía imbuida de fantasía y superstición, y la Ciencia moderna, basada en la experimentación y la objetividad.

No podría haber un desarrollo más adecuado para el auge de la electricidad que la Ilustración. El científico ilustrado se caracterizó por acercarse a la realidad mediante el entendimiento y una intensa fascinación ante sus descubrimientos, actitud que debía ser inmediatamente transmitida y aplicada a sus ciudadanos por el bien de la comunidad.

A partir del siglo XVIII comenzó la progresión en el campo de la Electroterapia y sufrió enormes transformaciones. Durante la mayor parte de este siglo, Inglaterra y Francia fueron los centros de mayor estudio e innovación en el campo de la electricidad, pero, a partir de 1740, el epicentro de mayor desarrollo se situó en Alemania.

A nivel tecnológico, el desarrollo y perfeccionamiento de los generadores electrostáticos destacó como hito fundamental en el conocimiento del fenómeno eléctrico. El hombre disponía, por primera vez, de un modo de “almacenar la electricidad” para posteriormente poder

utilizarla. Como es evidente, este hecho tendría una aplicación inmediata en varios sectores, en especial en el campo de la Electroterapia.

6.1. Inicio de los primeros generadores: los generadores electrostáticos.

A lo largo del s. XVIII y basándose en el mencionado descubrimiento de Von Guericke, diferentes autores trabajaron en el campo de los generadores electrostáticos, mejorando y perfeccionando cada vez más su uso y aplicaciones. Destacan los diseñados por Hauksbee, Ramsden, Nairne, Winkler, Holtz, Gordon, Bosé, Bohnenberger, Winter, Armstrong y Wimshurt.

El pionero de todos ellos fue Francis Hauksbee (1660-1713)⁸ quien comenzó a realizar una serie de experimentos, con los que demostró que dicho fenómeno se debía a la electricidad generada por el roce del metal con el cristal del tubo, lo cual le hizo madurar la idea de provocar brillo por fricción. En 1709, basándose en el generador construido por Guericke, montó una esfera de cristal, introduciendo en ella una pequeña cantidad de mercurio y colocando dicha esfera en una especie de torno, la hizo girar con una manivela. Al poner la mano sobre un paño de lana en contacto con la superficie de la esfera, se provocaba una fricción. De este modo obtendría un resplandor en el globo, pero lo más importante es que, a partir de ese fenómeno, desarrollaría el generador electrostático. Estos experimentos los comunicaría a la *Royal Society*, quien lo publicaría en su revista *Philosophical Transactions* en el año 1709.

8 Hauksbee describió los detalles y la teoría de sus experimentos en un tratado, compendio de gran parte de su obra titulado: *Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects. Containing an Account of Several Surprising Phenomena Touching Light and Electricity*. Londres: R. Brugis, 1709. Este trabajo contenía nuevos conceptos y experimentos pioneros sobre electricidad, siendo uno de los más importantes publicado sobre este tema en su época. El efecto que observó Hauksbee abriría también una línea de investigación que con posterioridad culminaría en el diseño de las luces de vapor de mercurio y de las luces de neón.

Curiosamente, pese a las grandes ventajas que el generador de Hauksbee ofrecía, éste apenas tuvo repercusión en el momento de su creación. Su difusión se produjo a partir de que Georg Mathias Bose (1710-1761), a mediados del siglo XVIII lo perfeccionó y en especial con la aplicación que abad Nollet dio a este tipo de generadores.

Un nuevo avance en el desarrollo de los generadores electrostáticos fue el diseñado por Jesse Ramsden (1735-1800) en 1768, que lleva el nombre del autor. Este generador ofrecía una estructura más perfecta que la de Hauksbee. Con posterioridad, y con las modificaciones ideadas por John Cuthbertson (1743-1821), se convirtió en el más utilizado. Diversas fuentes de la época recogen como este generador se usaba para el tratamiento de parálisis, espasmos y control del ritmo cardíaco (McConnell, 2007).

Todos los generadores referidos con anterioridad formaron parte de los denominados “generadores electrostáticos de roce”, más tarde sustituidos por los “generadores de influencia”, que se caracterizaban por un sistema creador del campo electrostático y un sistema aplicador o colector de esa electricidad producida.

Edward Nairne (1726-1806) construyó con posterioridad el generador electrostático que lleva su nombre. Consistía en un cilindro de vidrio giratorio entre dos conductores aislados e independientes entre sí. Uno llevaba una almohadilla de frotación y recibía la electricidad negativa; el otro consistía en un peine metálico, destinado a recoger la positiva desarrollada por la frotación en el cilindro de cristal. Con este diseño se podía disponer de electricidad positiva y negativa, lo cual tendría una aplicación preferente en el campo de la terapéutica.

Tras las investigaciones realizadas por los autores referidos, la fabricación de los diferentes generadores electrostáticos sufrió una gran expansión. Pese a servir en una pequeña proporción a las investigaciones de gabinetes de física y de sus efectos sobre el organismo en el ámbito médico, la fuerza eléctrica que producían estos sistemas todavía estaban considerados por la población como fenómenos mágicos entre los ciudadanos, siendo usados en ocasiones como juguetes o divertimentos de salón, fenómeno que se pondría de moda a lo largo de toda Europa entre las clases altas y se convirtió en uno de los motivos preferidos para las exhibiciones públicas tan al uso de los ilustrados.

La electricidad generada por las primeras máquinas estáticas se manifestaba en forma de chispas, centelleos y descargas, claramente visibles, ideales para su exhibición en todas las cortes y comités científicos europeos. Este modo de difusión de las ideas, con límites próximos a un espectáculo teatral, constituyó un paradigma de la Ilustración y también de la electricidad.

6.2. Una nueva forma de almacenar energía: la botella de Leiden.

Ewald Georg Von Kleist (1700-1748), fue un profesor de la Universidad de Leiden (Holanda) interesado en la experimentación de los fenómenos eléctricos. En octubre de 1745, en uno de sus experimentos se propuso “aislar la electricidad”. Para ello concibió la idea de conducir una carga eléctrica desde un generador electrostático a una botella de cristal, argumentando que, con toda probabilidad, podría de ese modo ser capaz de “llenar la botella con electricidad”, ya que ésta no podría escaparse de la misma, al ser el cristal un material aislante. Con este propósito llenó una botella parcialmente de agua, y mientras la sujetaba con una mano, la conectó a través de un conductor con un generador electrostático. Estaba diseñando la primera botella de Leiden⁹.

9 La botella de Leiden es un dispositivo que permite almacenar cargas eléctricas comportándose como un con-

Pese a la importancia que tuvo con este invento, el nombre de Von Kleist apenas si tuvo difusión posterior. Pieter Van Műschenbroek (1692-1761) descubrió en Leiden de modo accidental en 1746, un año después de Von Kleist, esta nueva forma de “almacenar” la electricidad en unas pequeñas botellas.

Pese a que fue Von Kleist el primero en descubrirlas, estas botellas pasarían a la posteridad con el nombre de “Botellas de Leiden”, nombre que le dio el Abad Nollet. Posteriormente, Du Bois Reymond intentó que se las denominara “Kleiste Flasche”, en honor de Von Kleist, pero sin demasiado éxito. Pese a la trascendencia del descubrimiento, las noticias de estos experimentos sólo fueron conocidas en un primer momento por un sector minoritario de la comunidad científica. A partir de la publicación de la obra de Nollet, fue el momento en que se produciría realmente su difusión.

Pese a los avances realizados en materia de producción de electricidad, el concepto que por entonces se tenía de la misma no difería mucho de la explicación dada por los clásicos, como se puede desprender de la descripción realizada por Tomaso Cornelius en su obra “*Progymnasma De ratione philosophandi*” (1661), en la que comparaba el aire movilizado durante la respiración con el fenómeno de la electricidad estática.

Pese a estar imbuidos del espíritu ilustrado y haberse producido grandes avances, los científicos de este siglo todavía estaban muy alejados de poder explicar el fenómeno de la electricidad y sus efectos

densador. La varilla metálica y las hojas de estaño conforman la armadura interna. La armadura externa está constituida por la capa que cubre la botella, que actúa como un material dieléctrico (aislante) entre las dos capas del condensador. Admitía una gran diferencia de potencial, pero muy poca capacidad. Se le considera como el primer prototipo de los actuales condensadores, (Greensdale, 1994).

sobre el organismo. No obstante, diversos autores destacaron por sus investigaciones en este campo, de los que se resaltarán alguno de los más importantes.

6.3. Principales autores destacados en el campo de la Electricidad en el siglo XVIII.

Diversos científicos que fueron muy importantes en el campo de la comprensión del fenómeno eléctrico durante el siglo XVIII, y se beneficiarían del descubrimiento de los generadores electrostáticos y de la botella de Leiden. Igualmente, muchas mejoras introducidas en los generadores electrostáticos para producir una electricidad de modo más eficaz fueron consecuencia de sus investigaciones.

Stephen Gray (1666-1736) fue un conocido físico, cuyo campo de investigaciones se centró en el fenómeno de la Electricidad, empezando a experimentar con la misma en 1720. Llevó a cabo diversas experiencias entre las que destacaron las realizadas sobre el transporte de energía eléctrica a distancia. Su experimento más conocido es el realizado en 1730, en el que descubrió que el cuerpo humano era capaz de funcionar como un conductor de la electricidad.¹⁰

Charles Du Fay (1698-1739), fue contemporáneo y rival de Stephen Gray y estimulado por las investigaciones de éste, se dedicó con gran interés al estudio de la electricidad.

10 En 1729 consiguió transmitir a distancia mediante dos hilos de cáñamo humedecido, la electricidad producida en un tubo de vidrio por frotamiento, poniendo de manifiesto que este fenómeno puede desplazarse de un lugar a otro sin que aparentemente se mueva materia alguna; en 1732 demostró que la electricidad se podía inducir en un conductor paralelo.

En el experimento realizado en 1730, suspendió horizontalmente del techo, por medio de hilos de seda a un joven, como si fuera ropa puesta a secar. Colocó un tubo de vidrio de cuarzo cerca de los pies del joven y un electroscopio de hoja cerca de su nariz, observando que, conforme el tubo era cargado frotándolo con un trapo, el electroscopio se movía atraído por la nariz. Cfr. Brazier, 1984, pp. 78-81.

Descubrió dos tipos de electricidad estática y que las cargas iguales se repelían, en tanto que las de signo contrario se atraían. Du Fay describió así que la electricidad consiste en dos fluidos: “vitreous” o positivo y “resinous” o negativo. Este enunciado se transformó en la Teoría eléctrica de los dos fluidos, a la que se opondría Benjamin Franklin, con su *Teoría del fluido único*, en el siguiente siglo. También describió que la electricidad puede conducirse a través de la materia gaseosa que rodea a un cuerpo rojo caliente, por ejemplo, un metal caliente. Con relación a estos experimentos, se dio cuenta de que existía una cierta pérdida de corriente hacia el aire circundante, por lo que recomendó que los conductores se aislaran con algún material no conductor, siendo el primero que utilizó el término “aislante”. Publicó sus investigaciones en 1733.

Las obras publicadas por Gray y Du Fay en Francia estimularon la investigación experimental de la Electricidad en otros países, como Alemania, influyendo en la obra de autores como Winkler o Gordon.

Desde Inglaterra, el físico John Canton (1718-1772) demostró que el que la electricidad fuese positiva o negativa, o “vítrea o resinosa”, como se le llamaba entonces, dependía del estado de la superficie del cuerpo electrizado o del frotador. Fue el primer inglés en verificar las hipótesis de Franklin sobre la identidad del rayo y la electricidad, realizando diversos e importantes experimentos sobre la misma, especialmente sobre la electrostática por inducción. Le corresponde también el mérito de haber construido un nuevo tipo de electroscopio y un electrómetro mejorado, gracias a sus habilidades como constructor de instrumentos científicos.

A mediados del siglo XVIII, los físicos europeos mantuvieron una profunda división y un intenso debate entre los partidarios de la teoría

de un fluido único o la teoría de los dos fluidos. Du Fay fue partidario de esta última apoyándose en los estudios de Canton.

Tras las investigaciones de los dos autores anteriores, fue admitida por unanimidad la teoría de los dos fluidos.

El trabajo de Sir Isaac Newton sobre la gravedad tuvo sorprendentemente poca influencia en el desarrollo de la teoría eléctrica antes de mediados del siglo XVIII. Había surgido cierta especulación acerca de la naturaleza de las leyes que determinaban las fuerzas existentes entre cuerpos los cargados eléctricamente.

Estas leyes las definió Joseph Priestley (1733-1804) en 1767, quien, basándose en los trabajos realizados por Benjamin Franklin y en los experimentos que él mismo realizaría, infirió que la atracción entre los cuerpos eléctricos está sujeta a las mismas leyes que la gravitación y se rige por tanto según “los cuadrados inversos de las distancias”. Con este descubrimiento, posteriormente verificado de otros modos por diversos investigadores, las leyes electrostáticas se completaron y no se han cambiado hasta la fecha. Sus investigaciones y las teorías elaboradas las publicaría en ese mismo año.

Destacaron también en el campo de las leyes de la atracción de fuerzas eléctricas Henry Cavendish y Charles Coulomb.

Henry Cavendish (1731-1810) propuso la ley de atracción entre cargas eléctricas y utilizó por primera vez el concepto de potencial eléctrico. Como no contaba con instrumentos adecuados para sus investigaciones, medía la fuerza de una corriente eléctrica de una forma directa: se sometía a ella y calculaba su intensidad por el dolor percibido.

Charles Coulomb, (1736-1806) el primero en establecer las leyes cuantitativas de la electrostática, además de realizar muchas investigaciones sobre el Magnetismo, el rozamiento y la Electricidad. En 1777 inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas, y estableció la función que liga esta fuerza con la distancia. Con este invento, culminado en 1785, Coulomb pudo establecer el principio que rige la interacción entre las cargas eléctricas, actualmente conocido como Ley de Coulomb. También estudió la electrización por frotamiento y la polarización, e introdujo el concepto de momento magnético. Colaboró en la planificación del sistema métrico decimal de pesas y medidas. La unidad de medida de carga eléctrica, el “culombio”, recibió este nombre en su honor.

Mientras progresaba la ciencia de la Electrostática y se estaban aclarando y codificando sus fundamentos, el estudio de la Electricidad de la corriente o “Galvanismo” había empezado.

Se hará sólo una breve referencia a la peligrosidad que en algunas ocasiones representaban los experimentos con electricidad, ya que, cada vez con mayor frecuencia, se conectaban varias jarras de Leiden para aumentar la capacidad de descarga. En 1783, el profesor Richmann de San Petersburgo, falleció al acercar su cabeza, sin darse cuenta, demasiado cerca de un conductor, mientras trataba de cargar una batería en el transcurso de una tormenta. Ésta sería la primera víctima conocida de los experimentos de alto voltaje en la historia de la Física. Se han encontrado otras referencias de otros fallecimientos durante la experimentación con electricidad.¹¹

¹¹ Gautherot, murió debido a una corriente autoaplicada por medio de una batería eléctrica durante la experimentación con electricidad. Crf. Le Bouvier-Desmartiers. Examen des principaux systèmes sur la nature du fluide électrique et son action dans les corps organisés et vivants. París, 1813, p. 325.

Además de las investigaciones referidas, los estudios más representativos de esta época fueron los realizados por Luigi Galvani y Alessandro Volta.

6.4. Luigi Galvani y la teoría de la Electricidad Animal.

Luigi Galvani (1737-1798) fue un destacado científico que nació en Bolonia, Italia. Se graduó en 1759 en Medicina y Filosofía, dividiendo sus primeros años de actividad académica entre la investigación anatómica y la práctica quirúrgica. En 1775 llegó a ser profesor adjunto y ayudante de Galeazzi en la cátedra de Anatomía de la Universidad de Bolonia. El Senado lo nombró preparador y conservador del Museo anatómico en 1766, y en febrero de 1782, ocupó el cargo de profesor de obstetricia en el *Istituto delle Scienze*. Llegó a presidir la Academia de Ciencias en Italia en 1772. Estuvo muy interesado en los fenómenos de la conducción nerviosa y la contracción muscular y realizó diversas investigaciones en estos campos. Se interesó inicialmente por el efecto que los opiáceos provocaban en el movimiento muscular en las ranas, animales con los que trabajaba en su laboratorio. Sus investigaciones y experimentos los presentó en el *Istituto delle Scienze* y en la *Accademia de Bologna*.

En 1774 quedó impresionado por la lectura de la célebre obra de Benjamin Franklin *Experiments and Observations on Electricity*, que le hizo interesarse vivamente por los efectos de la electricidad estática sobre la estimulación de nervios y músculos. Con este propósito, adquirió diversos aparatos para su laboratorio, como un generador electrostático y varias botellas de Leiden. De este modo comenzó una larga serie de investigaciones sobre las respuestas obtenidas por la electricidad estática en las ranas. Galvani, a través de sus investigaciones, llegó de un modo inesperado y casual a desarrollar una teoría que abriría uno de los campos más revolucionarios de la Ciencia.

Durante uno de sus experimentos, mientras diseccionaba una pata de una rana para una de sus demostraciones, por accidente, un ayudante de su laboratorio tocó con un escapelo que estaba en contacto con un generador electrostático, la pata de esa rana, observando ambos en ese momento que ésta se contraía violentamente. Al repetir este hecho varias veces, comprobó que cada vez que se conectaba el músculo y el nervio de la rana con dicho escapelo electrificado, se producía la misma contracción muscular. Pudo comprobar también que algunos metales parecían ser más eficaces que otros en la producción de este fenómeno. Describió este hecho en sus memorias presentadas a la Academia de las Ciencias de Bolonia.

En lo sucesivo, Luigi Galvani se dedicó con esmero a estudiar a fondo el enigmático fenómeno observado. Reunió finalmente sus experiencias en su famosa obra¹² invitando a sus colegas a que reprodujeran y confirmaran su descubrimiento.

Junto con su sobrino Giovanni Aldini elaboró su teoría de la electricidad animal. Para explicar los fenómenos observados admitía la existencia de una electricidad propia del organismo animal, la cual, pasando de los nervios a los músculos, por una ley análoga a la descarga de la botella de Leiden, determinaba las contracciones. La teoría que Galvani desarrolló para explicar sus observaciones era complicada e iba mucho más allá de los hechos experimentales.

Los experimentos de Galvani y su tesis sobre la existencia de una electricidad animal en los organismos vivos levantaron considerable

12 Galvani, L. *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, (Comentario sobre las fuerzas eléctricas que se manifiestan en el movimiento muscular). Bolonia, 1791. *Sci. Art. Instit. Acad.* 7: 363-418. De esta primera edición en latín, se imprimieron muy pocos ejemplares, que fueron distribuidos entre los amigos de Galvani. Ese mismo año se publicó una segunda edición, con mayor tirada para la venta al público.

controversia y especulación y dieron lugar a una gran variedad de experimentos y a divergentes interpretaciones, principalmente en Francia, Italia, Alemania e Inglaterra. Esto provocaría una tormenta entre físicos, fisiólogos y clínicos, que en palabras del eminente fisiólogo Emil Du Bois-Reymond podría compararse “con la tormenta política que prevalecía en Europa en esa época”.

En Francia, las ideas de Galvani las introdujo Eusebio Valli (1755-1816), uno de sus discípulos, quien realizaría en la Academia de las Ciencias, en París, la demostración de diversos experimentos, el 11 de julio de 1792. Otros científicos destacados en este país, que se quedaron muy impresionados por los fenómenos galvánicos fueron Pierre-Simon de Laplace, Fourcroy y Vaquelin.

Desde Italia, además del referido Valli, destacaron como grandes defensores del galvanismo: Leopoldo Vaccà Berlinghieri y Vasalli Eandi.

Destacar que la mayoría de los experimentos realizados desde Francia en relación con el galvanismo y la terapéutica, fueron hechos desde una perspectiva muy genérica y aplicada, a diferencia de los anatómicos y fisiólogos italianos, que por entonces se interesaban principalmente por la relación entre la electricidad y el impulso nervioso. De hecho, reputados fisiólogos franceses como Biot y Hallé, expresaban su escepticismo sobre la naturaleza eléctrica del fenómeno de la contracción neuromuscular

En otros países, como Alemania, se dieron gran variedad de opiniones y aproximaciones al galvanismo. Uno de los autores que más se entusiasmó con el galvanismo fue Humboldt, quien participaba de la corriente filosófica denominada *Natürphilosophie*, que llegó a estable-

cer fuertes paralelismos entre “galvanismo” y “fuerza vital” e hicieron de la “polaridad” un principio biológico de aceptación universal.

En contra de los autores reseñados, defensores a ultranza de los presupuestos de Galvani, comenzaron a aparecer enconados detractores del galvanismo y la electricidad animal. Autores como los franceses François Arago y Jean-Louis Alibert, el italiano Giambattista Venturi y el alemán Pfaff, comenzarían a prevenir sobre esa “fiebre colectiva”, que estaba apareciendo en Europa en referencia a las múltiples aplicaciones que pretendían atribuir al galvanismo. El descrédito empezaba a aparecer con los sucesivos relatos de curas milagrosas, propuestas totalmente acientíficas que equiparaban el galvanismo con “el volcanismo”, el magnetismo animal, etc; teorías que en ningún momento se apoyaban en investigaciones fisiológicas, o propuestas de cierto rigor.

La teoría de Galvani poseía grandes intuiciones, pero también importantes errores de concepto. Sin embargo, los estudios de Luigi Galvani fueron revolucionarios porque iniciaron una especialidad, una vía experimental que no existía hasta ese momento: la neurofisiología, o estudio del funcionamiento del sistema nervioso.

Por último, recordar que el nombre de Galvani ha pasado a la posteridad para denominar diversos fenómenos relacionados con la electricidad estática, gracias, entre otros, a la denominación empleada por Humboldt.¹³

13 En español se encuentran numerosos epónimos derivados de Galvani y relacionados con la electricidad: galvanómetro, galvanoplastia, galvanostegia, galvanoterapia, hierro galvanizado, etc. Esta influencia se observa en términos coloquiales, por ejemplo, utilizamos el verbo “galvanizar” con el significado de “animar, dar vida momentánea a una sociedad que está en decadencia”. Diccionario de la RAE.

6.5. Alessandro Volta y la teoría de la Electricidad Mineral. La invención de la Pila.

Este científico italiano (1745-1827) fue un físico interesado también en los fenómenos de la Electricidad y de la Química. Concentró sus esfuerzos en demostrar que teoría de la electricidad animal propuesta Galvani era incorrecta, y que el efecto observado en el laboratorio de este último era debido al fluido de la fuerza entre dos metales diferentes, y el efecto era causado por el contacto entre el metal y un cuerpo húmedo. Realizó una serie de cuidados experimentos, que publicó en 1792 en una colección de varias cartas y artículos, en los que contraponía sus ideas con las de Galvani.

En su esfuerzo en probar que Galvani estaba equivocado, Volta trató de construir un aparato que produjera en mayor escala los efectos de las armaduras metálicas ideadas en los experimentos de aquél. Para ello, en el año 1800, empleó diferentes discos, de diferentes metales, plata y zinc, humedecidos en un baño acidulado de vinagre. Así demostró que podía generarse un flujo de corriente eléctrica. De este modo se descubría la electrólisis y se describía la primera pila, que se denominaría Pila de Volta.¹⁴

Sus experimentos también estaban enmarcados dentro del ámbito de la fisiología, y Volta tenía claro que podrían tener aplicación en diferentes ámbitos. Desarrolló la teoría de la electricidad mineral que sostenía que la electricidad era patrimonio exclusivo del reino mineral, más concretamente de los metales. Con ellos, se enfrentaba abiertamente a la teoría de la electricidad animal de Galvani. Este descu-

14 Volta publicó sus experimentos bajo el título *Memorie sull Elettrocita Animale Inserite nel Giornale Fisico-Medico*. El 20 de marzo de 1800, Volta escribió una carta a Sir Joseph Bank, presidente de la Royal Society de Londres, comunicándole este descubrimiento. Éste se publicaría bajo el título: *Volta, A. On the Electricity Excited by the Mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds*. *Philosophical Transactions* 1 (1800-1814): 27-29.

brimiento, al igual que ocurrió con los experimentos de Galvani, tuvo una repercusión y difusión extraordinaria lo largo de toda Europa.

La pila de Volta marcó el punto de inflexión en la obtención de una fuente de energía eléctrica y supuso un salto cualitativo sobre los generadores estáticos de fricción, que hasta ese momento habían dominado la escena de la electricidad. Además, el descubrimiento de una fuente eléctrica sostenible y segura posibilitó la investigación más sistemática. Además, en el momento de su invención, los defensores del galvanismo estaban convencidos de que podría convertirse en una fuente de significativo progreso en las aplicaciones médicas.

La unidad de fuerza electromotriz del Sistema Internacional lleva el nombre de voltio (V) en honor de A. Volta, desde el año 1881.

Una de las mayores polémicas en la historia de la Electricidad fue la generada entre los partidarios de Galvani y de Volta y sus respectivas teorías. Se originó principalmente desde Italia, pero se extendió posteriormente a otros países europeos, Esta polémica conduciría a importantes avances en la investigación fisiológica y en la aplicación médica de la electricidad.

El tiempo demostraría que los dos, en alguno de sus planteamientos tenían razón, y los dos, a su vez, estaban equivocados. Lo más importante es que ambos incorporaron definitivamente los estudios eléctricos al campo científico e iniciaron dos líneas de investigación claramente diferenciadas: la neurofisiología y la electroquímica, que desarrollaron dos importantes aplicaciones en Electroterapia: la detección de los fenómenos eléctricos biológicos y la experimentación de los efectos de la estimulación eléctrica.

6.6. La Electroterapia durante la Ilustración.

A comienzos del siglo XVIII todos los autores parecían estar de acuerdo en la existencia de una nueva forma de energía que podía obtenerse por fricción: la electricidad estática. Se sospechaba que tal fuerza podría tener efectos sobre la salud, hipotetizándose que podía existir dicha electricidad en los seres vivos, siguiendo la teoría de Galvani, y que esta energía podía ser modulada por las aplicaciones externas.

No será hasta mediados del siglo XVIII, cuando se empiece a utilizar la electricidad con fines curativos. Tras el descubrimiento de los primeros generadores de energía eléctrica estática se produjeron los primeros experimentos en seres humanos. El uso médico de la electricidad estática fue el único conocido durante lo que puede llamarse la “primera infancia” de la Electroterapia, durante todo el siglo XVIII, es decir, desde el descubrimiento de la máquina estática, hasta el de la pila (1750-1800), que inició un nuevo período en la Electroterapia, y que marcaría ya el comienzo del siglo XIX.

Es destacable que este nuevo “galvanismo” despertó un gran interés en Francia, entre la clase médica por varios motivos. El primero de ellos es que abría una nueva perspectiva en que la electricidad podría utilizarse para distinguir la muerte aparente de la muerte real. También podría servir para determinar las relaciones jerárquicas, en ese momento todavía confusas, entre el corazón y cerebro.

Para aclarar estas cuestiones se crearon varias comisiones para estudiar el Galvanismo y sus efectos en la Academia de las Ciencias de París. En marzo de 1793, se crea la *Société Philomatique* de París. Esta sociedad galvánica llevó a cabo muchos experimentos sobre los efectos químicos, fisiológicos y médicos de la corriente eléctrica (probaron

por ejemplo los efectos de la corriente eléctrica sobre la ceguera, la sordera, diversos tipos de parálisis, enfermedades mentales, etc). Aunque esta sociedad desapareció en 1809, dejó un importante legado para las generaciones posteriores.

La curación a través de la electricidad se presentó al público como una rama de la filosofía experimental. El fenómeno eléctrico tuvo una amplia difusión dentro del contexto de la cultura experimental que estaba emergiendo en esa época. En muy pocas décadas prácticamente de modo simultáneo, la electricidad médica se llegó a practicar en diferentes países europeos, jugando un papel muy importante las demostraciones de “itinerantes” y los fabricantes de instrumentos médicos. Pronto estas prácticas se pondrían de moda, a la vez que serían motivo de controversia, dentro de la práctica médica.

Las innovaciones en las ciencias físicas y los descubrimientos concomitantes fueron los elementos fundamentales que garantizarían el desarrollo aplicado de la electricidad a la medicina. La mayoría de estos acontecimientos ocurrieron en Europa, con la excepción de la notable contribución de Benjamin Franklin en América.

Un hecho a destacar importante es que, en 1744, la Real Academia de Ciencias de Francia comienza a elaborar un informe anual sobre electroterapia médica, lo cual es un primer intento de sistematización y potenciación de la investigación en esta materia.

6.7. Autores destacados en el campo de la Electroterapia.

Johan Gottlieb Kruger (1715-1759), nació en La Halle (Alemania) y fue profesor de Medicina y Filosofía en la Universidad de Helmstadt. Basándose en las observaciones realizada por Gray en 1730, fue uno de los

primeros científicos que, desde Alemania, en 1743 ya teorizó la posible utilidad de la Electricidad como medio terapéutico. Desde su punto de vista, cargado de un gran componente místico, la electricidad cumplía múltiples funciones en la terapéutica, con un componente tanto humano como divino. En una conferencia que ofreció en 1743, concluía, que: “[...], la electricidad, el mayor estimulante conocido, curará todos los tipos de parálisis, incluidas las derivadas de un accidente cerebrovascular”.

Durante el siglo XVIII, destacaremos en el campo de la Electroterapia, autores como: Kratzenstein, Jallabert, Nollet, Franklin, Marat, Bertholon, Mesmer, Wesley, Lovett, Birch y Adams, de los que se destacarán brevemente diferentes aspectos de su vida y de su obra.

Una de las primeras aplicaciones de la electricidad estática como agente terapéutico la realizó Christian Gottlieb Kratzenstein (1723-1795). Siendo todavía estudiante publicó sus primeros trabajos sobre Electricidad aplicada a posibles tratamientos médicos en 1744,¹⁵ con lo que obtendría el primer premio de la Academia de Ciencias de Burdeos. En su obra detallaba los primeros efectos fisiológicos provocados por la electricidad, descritos tras aplicarse a sí mismo la corriente obtenida de un generador como el diseñado por Von Guericke. Los efectos que refería eran: aumento del pulso y la aparición de un sueño reparador. También refirió la curación de la rigidez de un dedo y la de una parálisis en una pianista. El tipo de patologías que consideraba podían curarse por medio de la electricidad las agrupaba en tres: enfermedades nerviosas, parálisis y enfermedades de la sangre.

Los trabajos de Kratzenstein sirvieron de fundamento para la mayoría de las aplicaciones clínicas de la Ilustración, siendo repetidas, enri-

15 Ch.G. Kratzenstein. *Abhandlung von die Kraft der Electricitat de Arzneiwisseusenschaft*. La Halle, 1744.

quecidas y consolidadas por toda Europa. Sin embargo, los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas sobre la Electroterapia a partir de ese momento fueron muy contradictorios, ya que algunos investigadores referían muy buenos resultados en sus “curaciones” y otros en cambio, encontraban resultados muy desalentadores.

El siguiente autor importante en el desarrollo de la Electroterapia fue Jean Jallabert, (1712-1768), que nació en Ginebra (Suiza). Realizó diversos experimentos sobre electricidad y publicó una importante obra sobre la misma¹⁶. Destacó la propiedad de estimular los músculos a través de la electricidad, y en su obra describía con todo detalle, la curación de un cerrajero, aquejado de una parálisis originada por un accidente cerebro-vascular hacía ya catorce años. En la aplicación de electroterapia utilizaba un generador electrostático y una botella de Leiden.

Esta curación fue recogida en una de las primeras revistas científicas europeas, *El Journal des Scavans*, en 1748, despertando el interés de muchos médicos europeos. La penetración y el prestigio de esta revista supusieron un fuerte espaldarazo a esta curación “casi mágica”, a través de la aplicación conjunta de un generador electrostática y de una botella de Leiden.

Numerosos autores intentaron replicar sus experimentos y obtener sus mismos resultados, pero fueron más bien contradictorios y confusos. Más que los métodos utilizados, Jallabert destaca por el gran conocimiento que ofreció de Electroterapia y Anatomía en sus experimentos.

A partir de este momento los generadores eléctricos estáticos fueron acompañados por estas botellas condensadoras en el uso tera-

16 J. Jallabert, *Experiences sur l'électricité*. Ginebra: Barrilot et Fils, 1748.

péutico. El abad Nollet, mantuvo correspondencia con Jallabert¹⁷ y, al comprobar que no había podido conseguir curaciones ese tipo en París, viajó a Suiza para corroborar que la publicación de Jallabert no era tan cierta como pretendía, puesto que el famoso cerrajero había empeorado de nuevo.

El interés que despertó el caso de la curación de Jallabert en la comunidad científica médica fue muy alto, llegando a constituirse comisiones médicas que observaban, analizaban y criticaban las demostraciones de los adeptos a la electroterapia, con informes no siempre favorables. A pesar de este escepticismo, durante este periodo la electricidad y su aplicación médica alcanzaron una difusión más que notable. Se aplicaba para tratar numerosas afecciones como parálisis, rigidez muscular y desórdenes del sistema nervioso.

Diversos autores atribuyen a Jallabert un papel pionero en la Electroterapia de mediados del siglo XVIII, pero no debe olvidarse el trabajo realizado en este campo por los físicos italianos, especialmente el grupo de la Academia de Bolonia. A este grupo pertenecieron Eusebio Sguario, (1717-1764) médico y físico italiano casi olvidado en la actualidad, que dedicó su vida al estudio de la electricidad y publicó una interesante obra dedicada al efecto de la misma sobre el organismo,¹⁸ y Gianfrancesco Pivati (1689-1764), escritor e investigador de diversos fenómenos físicos eléctricos, realizados de modo autodidacto. Fue miembro de la Academia de Bolonia, donde presentó inicialmente *Dell'elettricità medica*, en 1747 y posteriormente publicaría en Venecia

17 Benguigui, I. Theories électriques du XVIIIe siècle: correspondance entre l'Abbe Nollet (1700- 1770) et le physicien genevois Jean Jallabert (1712-1768). Isis 76, n° 3 (Sep 1985):442

18 Sguario, E. Dell'electricismo: o sia delle forze elettriche de' corpe svelate dalla fisica sperimentale con un' ampia dichiarazione della luce elettrica, sua natura e maravigliose proprietà: aggiuntevi de disertazione attinenti all' uso medico di tali forze.1746.

una obra también importante en el campo de la electroterapia titulada *Réflexioni fisiche sopra la medicina elettrica*, en el año 1749.

En el siglo XVIII existieron pocas mujeres científicas, debido, entre otras razones, a que generalmente éstas eran excluidas de la educación superior. Sin embargo, muchos científicos de la época y siglos anteriores llevaban a cabo sus investigaciones en su propio laboratorio instalado en sus domicilios, por lo que era más que habitual que sus esposas, hermanas o hijas ejercieran una valiosa labor como ayudantes, ilustradoras o traductoras de sus obras. Sin embargo, sus nombres nunca aparecieron en los libros o artículos de sus respectivos esposos, hermanos o padres. No es este el caso de Laura María Caterina Bassi (1711–1778), que fue la única mujer en Europa que a la edad de veinte años se graduó en Filosofía por la Universidad de Bolonia, en 1732. Ese mismo año llegó a ser la primera mujer miembro de la Academia de Ciencias de dicha ciudad. Laura Bassi, cuyos conocimientos de matemáticas, en el cálculo infinitesimal, latín, y griego, la convirtieron en una investigadora relevante. Realizó importantes investigaciones junto a su marido, el médico y filósofo Giuseppe Veratti (1707–1793), que pronto demostró un gran interés por la Física, consiguiendo una plaza de profesor en la Universidad de Bolonia para su docencia en 1737, junto con la enseñanza de la anatomía.

Ambos demostraron un gran interés por los fenómenos físicos y eléctricos, tuvieron un laboratorio de física instalado en su propia casa, y fueron profesores de Luigi Galvani. En aquella época, varios miembros de la Academia de Ciencias en Italia estaban interesados en la idea de que la electricidad sirviera de vehículo para introducir fármacos en el organismo, posibilidad apuntada por Pivati. La Academia encargó a los Veratti la confirmación de esta teoría, pu-

blicando sus resultados en una interesante obra¹⁹. Este estudio daría lugar a diversas lecturas en la Academia, tanto de Guiseppe como de Laura Veratti. Sin embargo, la historia de la electricidad reconoce un lugar importante a las investigaciones de Guiseppe Veratti, no así a las de su esposa.

Otro autor cuyos experimentos pueden considerarse pioneros, pero del que apenas se ha tenido noticia con posterioridad, ha sido El Abad Menon, quien desde Inglaterra estudió los efectos del uso continuado de electricidad sobre hombres y pájaros. Encontró que los sujetos experimentaban una pérdida de peso, teorizando que este efecto era debido a que la electricidad aceleraba las excreciones.²⁰

Muy diferente ha sido el caso de Jean Antoine Nollet, (1700-1770). Nació en Pimprez (Francia) y fue conocido habitualmente como el abad Nollet (o el abate Nollet), pese a que nunca se ordenó como sacerdote, y solo tenía las órdenes de diácono, cuyas funciones desempeñó tras licenciarse en filosofía y teología en la Universidad de París. Su afición por las Ciencias Físicas, le llevarían a asociarse a Dufay, su maestro, a quien ayudaría en sus investigaciones sobre la electricidad y con quien visitaría en 1734 Inglaterra y Holanda, países que fueron junto a Francia, la cuna de esta nueva disciplina experimental. Cuatro años después de inaugurar en 1753 un curso de física en París, fue elegido miembro de la Academia real de Ciencias de la capital francesa y poco más tarde de la *Royal Society* de Londres, dos de los foros internacionales más importantes del momento. En tales círculos trazaría

19 Veratti.G. *Osservazioni fisico-mediche intorno all'elettricità*. Bologna: Dalla Volpe, 1748. Esta obra tuvo gran difusión, realizándose su traducción al francés pocos años después: *Observations physico- médicales sur l'électricité*. Gèneve: H. A. Gosse, 1750.

20 Menon A. *Philosophical Transactions*. 1754, p. 786.

amistad con Jallabert o Dufour (1711-1789). También estaría en contacto con otros físicos como Bose, Volta, Franklin y Volta, que influirían de modo importante en su teoría.

Ha sido uno de los autores más destacados y reconocidos tanto en el campo de la Electricidad como en el de la Electroterapia, durante el siglo XVIII y sostenía que en la actividad científica debían tener un papel destacado la experimentación y la demostración.

Sus importantes experimentos de alguna manera condujeron a que los trabajos existentes sobre la electricidad hasta ese momento (una miscelánea diversificada y sin conexión), se transformase en una disciplina coherente, siendo además un divulgador de los fenómenos eléctricos y de sus efectos. Entre sus logros más importantes en el campo de la Electricidad, destacamos que, en 1747, inventó uno de los primeros electrómetros, que mostraban la presencia de carga eléctrica durante los fenómenos observados de atracción-repulsión electrostática. Realizó importantes mejoras en las citadas botellas de Leiden (sustituyendo el agua que inicialmente contenían las botellas de Leiden por hojas de estaño, quedando desde entonces así configurada la construcción de dicha botella), inventó también el primer electroscopio.

Siguiendo la tendencia de su época, en la que algunos científicos gustaban de realizar exhibiciones públicas resaltando los efectos “del nuevo y desconocido fenómeno de la electricidad”, Nollet realizó una de las demostraciones más impresionantes y espectaculares de la época sobre sus efectos²¹. Sus investigaciones se recogieron en va-

21 Según diversas fuentes, el abate Nollet envió una descarga de la botella de Leiden conectada a ciento ochenta soldados, con las manos entrelazadas entre sí, saltando todos simultáneamente al recibir la misma descarga. La demostración la realizó frente al rey Luis XV de Francia. Éste divertido y sorprendido, le pidió que repitiera el experimento, realizándolo de nuevo, esta vez, con setecientos monjes, unidos entre sí y recibiendo la misma descarga. Torlais, 1954, pp. 182-185)

rias obras, muy importantes y difundidas durante su época.²² En estas obras se desprende que su teoría sobre la Electricidad era todavía una teoría mecánica, que atribuye los efectos eléctricos a una emanación material (materia efluente) exhalada por los cuerpos eléctricos al ser frotados, que forman una atmósfera en torno al cuerpo electrizado. La identificación de la materia eléctrica con luz y el fuego, una de las principales influencias de la física alemana en la obra de Nollet, es decisiva para comprender estas hipótesis.

En la actualidad estas teorías nos pueden parecer caprichosas o infantiles, pero ninguna teoría debe ser juzgada con independencia del período en el que se desarrolla, y con seguridad, podría afirmarse que muchos de los hombres de su época veían en sus hipótesis una explicación satisfactoria. Así lo demuestra el hecho de que, hasta la aparición de los trabajos de Franklin en 1752, su teoría fuera aceptada por la mayoría de los físicos de la época; incluso tras esa fecha, y a pesar de la lucha mantenida con los “franklinistas” europeos impulsados por Beccaria, su influencia continuaba siendo notable. Las dificultades con que tropezó la introducción del nuevo modelo de electricidad nos dan una idea de la resistencia y de la influencia de la teoría del físico francés.

Nollet puede considerarse junto con Krankenstein y Jallabert como uno de los primeros en intentar aplicar la Electricidad con fines terapéuticos, aunque sin resultados muy convincentes. Algunos autores consideran a Nollet como el fundador de la Electroterapia, porque

22 Nollet, J. A. *Leçons de Physique Experimentale*, París, 1743; *Lettres sur l'Electricite*. París: Guerin et Delatour, 1746. *Essai su l'electricité des corps*, publicada ese mismo año y *Recherches sur les Causes Particulieres des Phenomenes Electriques*, París, 1753.

aplicó la electricidad en diferentes patologías, entre ellas, la posible recuperación de una parálisis en el cuerpo humano.

Pese a que la mayor parte de los trabajos relacionados con la Electroterapia durante el siglo XVIII se desarrollaron en Europa, no se puede olvidar la figura de Benjamin Franklin (1706-90), que nació en Boston, Estados Unidos. Editor, inventor y hombre de estado, mostró en el campo científico una gran imaginación, llegando a predecir diversos fenómenos que se confirmarían tras su muerte.

Destacó de modo importante por sus trabajos sobre el fenómeno de la Electricidad y su posible aplicación a la curación de enfermedades. En 1746, tras asistir en Boston a una demostración pública sobre electricidad estática, quedó tan impresionado que resolvió comprarle al profesor todo su equipo. Se interesó tanto este tema que, dos años más tarde se retiró de los negocios para dedicar todo su tiempo al estudio de este fenómeno. Cuestionó los experimentos que estaban realizando los científicos europeos, entre ellos Du Fay, y que sostenían que existían dos tipos diferentes de electricidad. Él negó ese extremo, comentando que “la electricidad es electricidad” y fluye desde el punto de mayor carga al de menor carga, afirmando que cualquier fenómeno eléctrico era causado por un fluido eléctrico “electricidad positiva”, mientras que la ausencia de este podía considerarse “electricidad negativa”. Describió también la forma de cargar de electricidad una batería de láminas de cristal, lo que constituye un precedente del condensador.

Realizó múltiples experimentos en su laboratorio que tuvieron gran difusión en Europa y revolucionaron el desarrollo de la Electricidad. Recogió y sistematizó todos estos experimentos en una publicación

titulada *Experiments and Observations on Electricity*, publicada en Londres en 1751.

Hizo, además, diversas aportaciones a la terminología eléctrica que son plenamente válidas en la actualidad. Concibió la idea de que las cargas eléctricas se debían a protones y electrones y desarrolló la teoría del fluido eléctrico. En 1752 demostró que el rayo es un fenómeno eléctrico en el transcurso de una tormenta, y con posterioridad descubrió el pararrayos, del cual realizó en París las primeras pruebas en 1752. Estos estudios le valieron el ingreso en la *Royal Society* de Londres, que en un principio había despreciado sus descubrimientos.

Manifestó gran interés sobre las posibles aplicaciones de la Electricidad al campo de la terapéutica, en concreto en el tratamiento de las parálisis. En uno de los múltiples desplazamientos que realizó a Londres, presentó en 1757 los resultados que había obtenido en el tratamiento de un caso de parálisis, por medio de la electricidad, ante la *Royal Society*. Este trabajo fue acogido con un cierto escepticismo, ya que en el momento de su exposición Franklin no lo respaldaba con un informe razonado y elaborado, sino tan sólo con algunas notas que describían, a grandes rasgos, las conclusiones del ensayo; ni siquiera pormenorizaba casos individuales. Explicaba un protocolo general que consistía en sentar a los pacientes, junto a un electrogenerador, aplicándoles las descargas tres veces al día. Franklin dejó varios testimonios de sus experimentos, en la correspondencia que mantenía con otros investigadores. En 1758, recogía en una carta, de modo pormenorizado, la evolución de dos pacientes afectados de parálisis tras la aplicación de electricidad, reconociendo que los efectos beneficiosos de ésta, no superaban los primeros días.

Pese a que la acogida entre los académicos fue más bien escéptica, la presentación realizada por Franklin ante la *Royal Society* en 1757 de los resultados sobre el tratamiento de las parálisis por medio de la electricidad, ayudó a la difusión de este tipo de tratamientos para estas patologías. Numerosos autores dejaron testimonio de haber utilizado la electricidad en el caso de diversos tipos de parálisis, con mayor o menor fortuna en sus resultados.²³ El propio Franklin reconocería posteriormente que su falta de formación en el ámbito médico implicaba carencias metodológicas importantes en sus ensayos y presentaba también dudas sobre el efecto de la Electroterapia en las parálisis.

Otro aspecto interesante es que Franklin fue uno de los primeros autores que describió los efectos de la Electroterapia sobre aplicaciones en la cabeza para pacientes con enfermedades psiquiátricas. Él mismo relató cómo en dos ocasiones sufrió descargas a través de su propio cerebro, o cómo lo sufrieron alguno de sus pacientes, notando con posteridad cierta amnesia y relativa tranquilidad. Basándose en estos efectos, prescribe como posible tratamiento para la histeria, o para lo que en su época se denominaba “melancolía” (actualmente depresión) la aplicación de la Electroterapia. Esta aplicación de la electricidad en patologías psiquiátricas será estudiada también por el médico Jan Ingenhousz, que iniciarían una nueva rama en las aplicaciones de la Electroterapia: su aplicación en el campo de las enfermedades mentales en el siglo XVIII

Otro autor que destacó durante el siglo XVIII fue Jean Paul Marat (1743-1793). Nació en Boudry (Suiza), fue médico y político de renom-

23 Se encuentran referenciados tratamientos de parálisis curadas a través de la electricidad en autores como: Deshais J.E., *De hemiplegia per electricitatem curanda*. Montpellier, 1749. Mauduyt P. *Memoires sur les diferentes manieres d'administer l'electricité, et observations sur les effectes qu'elles ont produits*. París, 1785.

bre universal, opinaba que sólo en el estudio de la Fisiología podría encontrarse la solución a los problemas de conexión entre el cuerpo y el alma.

Se sintió profundamente atraído por la Electroterapia y la Óptica, siendo un ferviente partidario de la experimentación, dedicándose durante varios años a realizar uno de los primeros controles experimentales sobre la aplicación de la electricidad, tanto en humanos como en animales, descartando la influencia de la electricidad ambiental sobre la salud. Tras sus investigaciones sentó un cuadro de indicaciones y contraindicaciones sobre la aplicación de la electricidad en la terapéutica, haciendo hincapié en que se desecharan las falsas ideas que abundaban en su época sobre el fluido eléctrico.

La culminación de sus investigaciones podemos encontrarla en la publicación de tres importantes obras²⁴. En ellas, entre otros aspectos, defendía la utilidad del tratamiento eléctrico sobre el edema, las erupciones cutáneas, los espasmos, los dolores inespecíficos, las parálisis y las rigideces. Estas obras las presentó en la Academia de las Ciencias Francesa, para ser admitido como miembro, aunque no consiguió ser aceptado, pues los académicos estaban horrorizados por su osadía al disentir con las teorías de autores como Isaac Newton.

Sus experimentos interesaron de modo muy importante a Benjamin Franklin, quien solía visitarle a menudo, al igual que Goethe, quien siempre consideró el rechazo de la Academia como una clara muestra de despotismo científico.

24 Marat J.P. *Recherches physiques sur electricité* (1872), *Recherches sur electricité medicale* (1783) y *Mémoires sur l'Electricité médicale* (1784)

Rápidamente, Marat llegó a ser muy popular entre la aristocracia como doctor de la corte, e incluso Jacques Pierre Brissot, (1754-1793) destacado personaje de la Revolución Francesa, en sus Memorias, admite su gran influencia en el mundo científico de París durante aquella época.

La fascinación ilimitada de los primeros momentos de la Ilustración hacia la Electroterapia fue encauzada de esta manera por Marat, quien inició el camino de los estudios experimentales en este campo, no sin mantener intensas polémicas con algunos coetáneos como el abad Bertholon.

Pierre Bertholon de San Lázaro, conocido como el Abad Bertholon (1742-1800), nació en Lyon (Francia) y fue profesor de Física experimental de los estados generales de Languedoc. Obtuvo un cierto renombre como médico y tuvo gran clientela en el París de la época. Se sintió atraído por la Electricidad y realizó curiosos experimentos sobre plantas y animales para demostrar sus teorías. Publicó una obra en 1783 en la que resumía las investigaciones realizadas sobre los vegetales, titulada *L'électricité des végétaux*.

Bertholon creyó ver en la electricidad una forma de energía “misteriosa” capaz de curar prácticamente todas las enfermedades. Los descubrimientos paralelos de Franklin sobre la polaridad eléctrica positiva y negativa, le sirvieron de marco para sus teorías sobre el origen de múltiples enfermedades (entendiendo éstas como desequilibrios en el organismo entre energías positivas y negativas), por lo que proponía tratarlas con corrientes de modalidades contrarias. Sus propuestas las recogió en una importante obra²⁵ *De*

25 Bertholon, P. *De l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie*. Bernuset. Lyon, 1786.

l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie, publicada en 1786.

Estos presupuestos de Bertholon fueron duramente atacados por Marat, acusándolo de excesivamente reduccionista y poco riguroso en su metodología y demostrando sus falsedades con la realización de diferentes experimentos.

Merece la pena destacar durante este periodo un singular personaje, Franz Anton Mesmer (1734-1815) que nació en Iznang (Alemania). Desarrolló toda una teoría sobre la existencia de un fluido universal, que relacionaba armónicamente todos los cuerpos celestes, e influía en la salud de las personas. Describió sus teorías bajo el concepto del “magnetismo animal”, denominación que él utilizaba para designar dicho fluido energético, relacionándolo íntimamente con la electricidad. Publicó estas teorías en el año 1771 en el texto *Planetarum Influxu*. Si las exhibiciones públicas en París sobre la electricidad habían alcanzado un destacado éxito y fascinación, los “espectáculos” de Mesmer en París, comenzados en 1778, arrastraron a toda una serie de adeptos entre todas las clases sociales.

Para sus tratamientos utilizaba generadores eléctricos, acompañados de toda una “parafernalia” de pases magnéticos e inducciones con una varita, aspecto que recogieron los ilusionistas y magos de la época, y que aún mantienen en la actualidad para acompañar sus trucos. También recogieron esta “puesta en escena” ciertas formas de hipnosis que llevaban a sus pacientes hasta las llamadas “crisis magnéticas”, llegando los pacientes a perder el sentido o a generar fuertes crisis de llanto o histeria colectiva. Los testimonios sobre curaciones “milagrosas” y espectaculares eran innumerables, provenientes en ocasiones

de individuos socialmente destacados. Pese a esto, los médicos oficiales y las sociedades científicas rechazaban de plano las prácticas y tratamientos de Mesmer. Éste publicó en 1799 su *Memoire sur la decouverte du magnetisme animal*, en la que resumió todas sus teorías sobre el fluido eléctrico magnético y en la que explicaba el origen de diferentes enfermedades como desequilibrios en las cargas magnéticas del organismo. Este texto en su mayoría presentaba contenidos enormemente especulativos. Pese a esto, su éxito fue de tal magnitud que propuso tratamientos colectivos, a través de baños electrificados por medio de un árbol situado en la popular Plaza de L' Vendôme de París.

La herencia dejada por Mesmer ha sido positiva en determinados aspectos (inicio de tratamientos colectivos, desarrollo de la hipnosis); por el contrario, su influencia sobre el desarrollo científico de la Electroterapia ha sido nefasta, ya que, a partir de él y sus seguidores, estas terapias fueron calificadas como acientíficas y poco rigurosas por la clase médica oficial y las propuestas de Mesmer se convirtieron en el paradigma de la charlatanería y la superchería.

Además del rechazo oficial de la corriente Mesmerista, algunos de sus seguidores proponían curar prácticamente todo tipo de enfermedades, bien a través de los campos magnéticos, como Mesmer, o bien a través de shocks eléctricos. En ambos casos, además, y para desprestigio de ambas, pese a que en ocasiones las aplicaban médicos o investigadores, en muchos otros casos eran llevadas a cabo por charlatanes, magos y personas ignorantes sin ninguna formación.

No obstante, una consideración más detenida de las propuestas de Mesmer sobre la influencia de la magnetización en el ser humano (todavía hoy utilizada como “energía sanadora”, a través de pulseras

imantadas, gemas curativas, etc, que no poseen ningún rigor científico), no deben despacharse sin más. Los efectos biológicos del influjo gravitatorio han sido repetidamente descritos, probados y aceptados por la ciencia actual, en aspectos como la mineralización ósea o la medicina espacial.

Otro autor destacado en el campo de la Electroterapia fue John Wesley (1703-1791). Fue clérigo y fundador de la iglesia metodista y le preocupaban el sufrimiento y dolor de los pobres y criticaba a la clase médica y farmacéutica, ya que les acusaba de que sus caros remedios no estaban al alcance de los más desfavorecidos.

Fue también pionero en el uso de la electricidad para el tratamiento de diversas patologías. Para él, este fenómeno podría convertirse en un excelente y poderoso remedio, ya que, una vez conseguido el equipo generador, sería muy barato tratar con ella a todo el mundo. Conocía y estuvo muy influenciado por la obra de Franklin. Estas reflexiones las recogió en su obra publicada en 1759, *The desideratum: or, electricity made plain and useful. By a lover of mankind, and of common sense*, donde proponía el uso de electricidad en clínicas médicas de carácter gratuito en diferentes ciudades, que él mismo había ya fundado para los pobres una década antes en Bristol y Londres.

Dejó escritas múltiples referencias sobre el uso de la Electroterapia en muy diversas afecciones. Llegó a realizar en su obra un listado de prescripciones que abarcaba más de treinta y cinco tipos de patologías diferentes como: pérdida de visión, calambres musculares, sordera, gota, cefaleas, parálisis, reumatismos, esguinces y dolor dental, dolores de estómago, etc.

La influencia de Wesley en su época fue notable, animando al resto de sus colegas a que utilizaran masivamente la Electroterapia. Su impronta se dejaría notar también en autores del siglo XIX. No obstante, tendría también un importante grupo de detractores.

Compatriota de Wesley en el Reino Unido fue Richard Lovett (1692-1780), clérigo de la catedral de Worcester, quien realizó numerosas aplicaciones de Electroterapia sobre diversas patologías, incluyendo enfermedades mentales. Publicó varios textos muy importantes sobre electricidad médica.²⁶

Destacar también en Inglaterra a John Birch, cirujano inglés, que, en 1772, describía ya tratamientos a través de corrientes eléctricas para afecciones como heridas, dolor de espalda, gota, estreñimiento, etc.

Importante es también la figura del médico y científico inglés George Adams (1750-1795), que estuvo interesado en la aplicación en la electroterapia médica y publicó en 1785 el texto *An essay on electricity, explaining the theory and practice of that useful science, and the mode of applying it to medical purposes. With an essay on magnetism.*

Desde Alemania, destacaron los trabajos de Frederic Willheim Heinrich Alexander Von Humboldt (1769-1859). Este científico, prototipo de hombre ilustrado, nació en el seno de una familia de la nobleza prusiana. Recibió una esmerada educación, recibiendo clases de Filosofía, Física, Idiomas y Dibujo. Se interesaría por la botánica y el naturalismo. Su figura será conocida principalmente por las expedi-

26 Lovett R. *The Subtil Medium Prov'd*, 1756. An Appendix on Electricity rendered Useful in Medical Intentions, 1760.

ciones y descubrimientos realizados en América, describiendo nuevas especies animales y vegetales. Su obra abarcó también la filosofía y los problemas sociales, siendo un declarado enemigo de la esclavitud, combatiendo cualquier forma de opresión o discriminación. Humboldt desarrolló una vasta obra, facilitado por el conocimiento que poseía de diversos idiomas, incluido el español. Trabajó intensamente en el campo científico durante más de setenta años, empleando su fortuna personal en sus viajes, publicaciones y en ayudar a jóvenes científicos de escasos recursos.

Este autor se interesó mucho por los estudios realizados por Galvani, manteniendo diversa correspondencia con entendidos sobre la materia.

Hizo múltiples experimentos para confirmar las teorías de este autor, viajando a París en 1789, donde presentó en la Academia de las Ciencias su propia teoría sobre el Galvanismo, aportando más de tres mil experimentos realizados sobre más de cuatro mil animales. La Academia, formó una comisión para estudiar y resumir todas sus aportaciones, publicándolas con posterioridad. Von Humboldt, a diferencia de Galvani rechazó el atribuir las contracciones musculares a la presencia de una “electricidad animal”, y rechazó también la teoría de Volta, logrando demostrar que no era necesaria la presencia de metales para provocar contracciones en el tejido animal. Publicaría una importante obra *Experiencias sobre el Galvanismo* en 1799. Este interés de Humboldt por las corrientes galvánicas haría revivir el interés por las mismas en Europa donde se habían prácticamente abandonado sus aplicaciones terapéuticas, a favor de las corrientes farádicas.

Humboldt realizaría un viaje por España en 1799 entrevistándose

con diferentes personalidades científicas y políticas de su tiempo. Su estancia tuvo gran influencia entre varios autores para la difusión y la traducción de su obra al español.

Otro autor destacado fue James Graham (1745-1794). Nació en Edimburgo y estudió allí Medicina, aunque abandonó sus estudios sin finalizarlos. Estudió electroterapia en Filadelfia, regresando posteriormente a Inglaterra. Tras conocer a Benjamin Franklin, se convirtió en un entusiasta de la electricidad médica. Se dedicó a impartir conferencias y a realizar demostraciones públicas. Pese al rechazo que provocaba en la clase médica que lo acusaban de intruso, abrió una clínica en una exclusiva clínica de Londres a la que llamó "*The Temple of Health*", y a aplicar tratamientos por medio de un artilugio, que él denominaba "cama celestial", cobrando por acceder a esos tratamientos tarifas excesivamente caras para la época (unas cincuenta libras por sesión), practicando unos métodos de tratamiento más que controvertidos. Entre los efectos que aseguraba podían conseguirse aplicando la electricidad estaba la mejora de la fertilidad. También ofrecía tratamientos para la curación de un amplio rango de enfermedades como alteraciones nerviosas, fiebre, reumatismo, gota, sordera, impotencia y esterilidad.

Una de las aportaciones que se quiere destacar es la realizada por el médico Charles Kite (1768-1811), ya que en su obra de 1788 *Essay upon the recovery of the Apparently Dead*, recomendaba el uso de shocks eléctricos derivados de una botella de Leiden, aplicados al tórax para revivir un corazón parado. Aquí estaría el germen de los actuales desfibriladores empleados en la reanimación cardiopulmonar. El ensayo de Kite podría considerarse, además, como un compendio que recoge publicaciones anteriores sobre esta temática, ya que men-

ciona varios casos de “resucitaciones” ocurridas anteriormente para apoyar sus argumentaciones.

Otro interesante campo, que con posterioridad se convirtió en una aplicación dentro de la Electroterapia, se inició con el trabajo que durante el siglo XVIII desarrolló un grupo de químicos como Raymond Fabré-Palapat (1733-1833), replicando experimentos como los realizados por Veratti y Pivatti, unos años antes. El trabajo de estos autores iniciaría una prometedora vía que se completaría durante los siglos XIX y XX con el desarrollo de la iontoforesis, como parte importante de la Electroterapia.

Otro autor que se desea destacar es Marco Antonio Caldani (1725-1813). Nació en Bolonia, (Italia) y fue un anatomista y fisiólogo italiano que abrió un nuevo camino para comprender la actividad neuromuscular que destacó especialmente por sus trabajos experimentales sobre la función de la médula espinal y por introducir el concepto de la electricidad en el fenómeno de la conducción nerviosa. Adquirió un generador electrostático para estimular los músculos de ovejas y ranas, a los que aplicaba diferentes descargas eléctricas y observaba lo que ocurría con la contracción muscular.

Escribió dos importantes obras: *Istituzioni di Anatomia* (1787) y *Istituzioni di Fisiologia* (1787).

Un aspecto muy importante a señalar también es que, a finales del siglo XVIII, las máquinas generadoras de electricidad que se construían eran cada vez más eficaces, comenzando a instalarse los primeros equipos electrogeneradores en los diferentes hospitales de las ciudades europeas más importantes, principalmente en Inglaterra. Se

destaca la instalada en el año 1767, en el Middlesex Hospital en Londres; la situada en el condado de Shrewsbury en 1781 y la ubicada en el Hospital de St. Thomas, en 1799, a instancias de John Birch.²⁷

Además de la inclusión de la Electroterapia en hospitales, las exhibiciones públicas y la popularización de ésta se hizo muy amplia. En este aspecto se destaca que, tanto a finales del siglo XVIII, como durante la primera parte del siglo XIX, se exhibieron muchos especímenes de *Gymnotus electricus*, variedad de peces eléctricos en Europa. Debido a la enorme popularidad de la Electroterapia o “Franklinización”, como le llamaban entonces, mucha gente intentaba curarse a través de la descarga de estos peces.²⁸

También debe destacarse la publicación de numerosas revistas científicas dedicadas a la Electroterapia aplicada a las alteraciones del sistema nervioso, todavía en sus inicios como especialidad.²⁹

6.8. La Electroterapia en España durante el siglo XVIII.

La estabilización postbélica que supuso la subida al trono por segunda vez de Felipe V en 1724 y la recuperación económica que la

27 En el Hospital del condado de Shrewsbury, Inglaterra, se aplicaban corrientes eléctricas sobre diferentes patologías, aunque con un éxito bastante pobre. En un caso se informó que un brazo paralizado mejoró algo, pero el temor a las descargas se hizo tan grande que el paciente prefirió renunciar a una posible cura posible antes que sufrir un tratamiento más. En otro caso de parálisis parcial, el tratamiento eléctrico fue seguido de una parálisis temporal total. Una segunda aplicación de este tratamiento fue otra vez seguida de la parálisis total, con lo que el uso de electricidad en este caso fue detenido. Cfr. F. H. Garrison. Introducción a la historia de la Medicina, op. cit., p. 230.

28 La publicidad sobre este tipo de tratamientos a través de peces eléctricos, prometía la curación de patologías como gota, reumatismo y todo tipo de dolores. Un anuncio en Londres de 1777, invitaba a recibir una descarga de dichos animales “por dos libras y seis peniques cada vez”. Cfr. Piccolino M, Bresadola M, op. cit., p. 23.

29 Locke, H. S.; Finger, S. Gentleman's Magazine, the Advent of Medical Electricity, and Disorders of the Nervous System. En Brain, Mind and Medicine: Essays in Eighteenth-Century Neuroscience. Nueva York: Springer US, 2007, pp. 29-30.

acompañó, junto a diferentes medidas de carácter reformista entre las que destaca el favorecimiento de los lazos y el intercambio con el extranjero -en especial con Francia-, comenzaron a dibujar una etapa de prosperidad en los estudios científicos, que recibió el impulso definitivo con el reinado de Carlos III (1759-1788), y que se cerró con la crisis política y la reacción anticientífica originada a finales de siglo, tras la muerte del monarca y la proclamación de la República en Francia. La nueva dinastía borbónica desarrolló la política científica a través de tres vías fundamentales: la creación de instituciones culturales, la renovación metodológica en los estudios y la incorporación de elementos externos que incentivan y facilitan la investigación.

Durante los años que transcurren entre 1724 y 1792, España fue receptiva a los avances de la Ciencia en Europa. Las noticias sobre los nuevos descubrimientos no se harían esperar, y los estudios sobre las distintas disciplinas científicas, así como las traducciones de los principales manuales y tratados de la época, escritos generalmente en francés, lengua en esa época universal y principal de la cultura, consiguieron grandes avances en distintos campos de la Ciencia.

Desde esta perspectiva, pese a que algunos autores negaron incluso su existencia, se puede hablar de la Ilustración española, con un valor inesperado y apenas conocido. Fue modesta en volumen y calidad -Feijoo, Macanaz, Jovellanos, Cadalso, el Padre Andrés, Moratín-, pero mantuvieron un contexto de Ilustración en algunos ámbitos, siguiendo los progresos que se estaban produciendo en esos momentos en otros países de Europa. Sobre la Ilustración española se han publicado importantes textos³⁰.

30 Sarrailh J. L. *L'Espagne éclairée de la seconde moitié du XVIII siècle*, 1954; Herr R. *The Eighteenth-Century Revolution in Spain*, 1969; Helman E. *Trasmundo de Goya*, 1983; Marías J. *La España posible en el tiempo de Carlos*

En este contexto, las Ciencias Físicas, uno de los principales caballos de batalla de nuestros científicos, experimentaron importantes avances, al tiempo que se profundizaba en el estudio de la Matemática, la Mecánica o la Astronomía, comenzaban a brotar nuevas ramas experimentales. Dentro de la Física, empezará a despuntar la rama de la Física eléctrica que, aunque desarrollada en Francia e Inglaterra fundamentalmente, acabó penetrando también en el interior de nuestras fronteras. En última instancia, la Electricidad y la Física experimental, serían impuestas por la Corona también en la Universidad, con la reforma de los planes de estudio iniciada en 1769. Los textos de Nollet fueron, entre otros, los principales instrumentos adoptados para llevar a cabo la enseñanza de la Física eléctrica durante este periodo en las universidades españolas.

La difusión del estudio de la Electricidad en España en este siglo estuvo fundamentalmente ligada a diversos factores: la obra de diferentes autores: Antonio Vázquez Morales, Benito Abel de Veas y la obra del Padre Feijóo, principalmente; las diferentes traducciones que introdujeron la obra de autores principalmente europeos en España; y la creación y desarrollo de diferentes instituciones científicas, entre ellas las Reales Academias.

Se ha referenciado en apartados anteriores la importancia de la obra del Abad Nollet en el ámbito de la Electroterapia. Al poco tiempo de su publicación, dado el carácter mundano y clarificador de sus obras, éstas se tradujeron al castellano y, como en el resto de Europa, contaron con una amplia difusión. Gracias a la gran influencia de la ciencia francesa en nuestro país durante la época de la Ilustración, sus textos llegaron a las recién creadas academias científicas de la mano de alguno de sus miembros.

III y los españoles, 1988.

Entre estos miembros de la Real Academia Matritense, destacará la obra de José Vázquez y Morales, el primero en realizar la versión castellana de la obra de *Nollet Essais s'ur l'Electricité des Corps*, bajo el título de Ensayo sobre la electricidad de los cuerpos.

José Vázquez y Morales no sólo se limitó a realizar una traducción de la obra de Nollet, sino que añadió aportaciones propias, lo que hace que su trabajo pueda considerarse como el primer texto publicado en España íntegramente dedicado a la Electricidad y sus experiencias. Existe una cierta polémica sobre si éste fue el primero publicado en España sobre esta temática, ya que algunos autores siguen considerándolo como una mera traducción de la obra de Nollet. Tras el análisis de la obra de Vázquez Morales, entendemos que ésta tiene partes originales y entidad propia como para ser reconocida como la primera obra original sobre Electroterapia en España.³¹

La siguiente obra de referencia publicada en este ámbito ha sido la de Benito Navarro Abel de Veas, publicada en Madrid, en 1752, titulada *Physica eléctrica, ó Compendio, en que se explican los maravillosos phenómenos de la virtud eléctrica*.

Benito Navarro Abel de Veas fue profesor de jurisprudencia del Claustro de Cánones de la Universidad de Sevilla (el equivalente a las actuales facultades de derecho). Para algunos autores, sorprende que tras esta dedicación y formación se esconda un interés por la electri-

31 De esa misma opinión es el prestigioso autor Zaragoza Rubira: "Esta parte sobre la historia de la electricidad es lo suficientemente amplia como para ser considerada la primera publicación original sobre el tema". Cfr. J. R. Zaragoza Rubira. «Esquema histórico de la electroterapia española del siglo XVIII.» Actas I Congreso Nacional de Historia de la Medicina. Madrid, 1963. 181-184.

López Rodríguez AF y cols. La obra de José Vázquez y Morales ¿primera obra sobre electroterapia en España? Cuestiones de fisioterapia: revista universitaria de información e investigación en Fisioterapia, 2013. Vol 42. Pp. 246-253.

cidad lo suficientemente importante como para publicar este extenso tratado. La explicación sobre esta aparente paradoja podría ser que al no existir en el siglo XVIII cátedras de Física Experimental, fuera en los textos de Filosofía Natural donde se estudiaban los fenómenos físicos observables de la naturaleza.³²

Dentro de los ilustrados en España destaca la figura del Padre Feijóo (Fray Benito Jerónimo Feijóo y Montenegro, 1676- 1764). Era un intelectual cultivado, con muchas inquietudes, aunque todavía imbuido en supersticiones y limitaciones intelectuales propias de su siglo,

Los temas sobre los que trataba eran muy diversos, pero en todos subyacía: un afán patriótico, propio también del auge de los nacionalismos en el siglo XVIII; un intento de acabar con la superstición, de amplio calado especialmente entre las clases bajas del pueblo español, y un empeño en divulgar las novedades científicas más recientes. Se mantenía al tanto de todas las novedades europeas en ciencias experimentales y humanas, aspecto que se podrá observar en el contenido de su disertación sobre la Electricidad. Con la publicación de sus ensayos filosóficos pretendía erradicar con firmeza lo que él denominaba “errores comunes”. De modo similar actuarían Christian Thomasius en Alemania o Thomas Brown en Inglaterra.

Su obra es amplia y diversa, y entre muchos otros temas trataría el tema de la Electricidad y la Electroterapia en una de sus publicaciones.³³ En ella

32 El historiador Rodríguez Carracido la considera como el primer tratado de Electricidad escrito en España. Sale al paso de quienes pudieran contradecir este juicio diciendo que José Vázquez y Morales había traducido y dedicado a la Real Academia de Medicina el «Ensayo de la Electricidad», del Abate Nollet, o, que el Padre Feijoo en su «Teatro Crítico», ya hacía disquisiciones acerca de los fenómenos eléctricos, también en fecha anterior, pero considera que la obra de Navarro se puede calificar como el primer libro de conjunto, caso totalmente distinto a los dos anteriores. Cfr. J. R. Carracido, op. cit., p. 123.

33 Cartas Eruditas y Curiosas: Carta XXV, Tomo IV, titulada: “Excúsase el autor de aplicarse a formar Sistema sobre la Electricidad; y por su incidencia, por algunos particulares fenómenos Electricos, confirma su opinión sobre la Pa-

el autor comienza dudando sobre los estudios realizados hasta ese momento sobre el fenómeno eléctrico, y expone, entre otras, su teoría de que los terremotos están causados por un fenómeno de electricidad subterránea.

No sólo pone en duda los estudios realizados de carácter teórico, sino que cuestiona asimismo los trabajos experimentales realizados hasta el momento. En estas observaciones se puede comprobar su interés y formación en este campo, ya que hace referencias a diferentes autores como Trevoux, Benito Navarro, el Abad Nollet y la traducción de su obra realizada por Antonio Vázquez y Morales en 1747.

El padre Feijóo hace gala del espíritu ilustrado de su época, animando a todos aquellos autores que quieran investigar sobre este fenómeno, a que realicen sus propios experimentos, que serán los únicos realmente válidos, y que no deben fiarse de los realizados por otros.

Remarca que, leyendo las referencias sobre otros autores en las memorias de Trevoux, sólo en Italia se hablaba de “curas ilusorias” de parálisis a través de la electricidad, y refiere que, ni en Francia, ni en Inglaterra, ni en Alemania se vio ninguna curación de este género a través de la Electricidad. Añade que en las curaciones referidas en Italia, se utilizaban además otro tipo de agentes farmacológicos, por lo que en estos casos la Electroterapia podría considerarse como coadyuvante a otras terapias.

Su aportación final, basada en estudios y razonamientos previos, fue que la Electricidad médica en España todavía carecía de funda-

tria del Rayo, propuesta en el octavo Tomo del Teatro Crítico.” Madrid: Imprenta Real de la Gazeta, Real Compañía de Impresores y Libreros, 1774, p. 348.

mento científico. Esta afirmación la realizó en la etapa final de su vida. Su crítica tenía aspectos positivos, ya que animaba a mejorar la experimentación. Sin embargo, algunas de sus afirmaciones no eran correctas. Por ejemplo, afirmaba que en España no existía en su época ninguna máquina eléctrica. Se sabe de la existencia de varias máquinas de rotación en diferentes Academias, y Gabinetes de investigadores.

6.9. Las Reales Academias y su importancia en la difusión de la Electroterapia.

Las Reales Academias surgen a lo largo del siglo XVIII. Estas instituciones constituían instrumentos imprescindibles para el desarrollo de la reforma cultural auspiciada por la nueva monarquía borbónica en España.

La creación de estas primeras Academias sirvió como modelo para otras creadas con posterioridad. Algunas de las instituciones fundamentales en el avance de la Física y la Medicina de esta etapa fueron: la Regia Sociedad de Medicina y demás Ciencias de Sevilla, la Real Academia Matritense y la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona.

En estas Academias, se realizaron diferentes exposiciones sobre los avances que en Electricidad y Electroterapia se realizaban durante esa etapa.³⁴

34 El 6 de abril de 1752 tuvo lugar en la Regia Sociedad de Sevilla una disertación pública sobre los fenómenos eléctricos, a cargo del socio de número, Secretario y Bibliotecario de dicha academia, D. Francisco González de León bajo el título: *Memoria sobre las máquinas neumáticas y eléctricas con algunos experimentos*.

En su disertación alude a los estudiosos europeos más destacados que en aquel momento trabajan en este campo. Describió en algunos casos “máquinas eléctricas” descritas hasta ese momento, como las de Otto Von Guericke, o la del inglés Robert Boyle. Aclara que los términos de “virtud eléctrica” que se vienen aplicando al fenómeno que hoy conocemos como electricidad, se debe a la propiedad que tienen algunas sustancias de atraer cuerpos más ligeros. Ese mismo autor, en el año 1775, indica que esta institución poseía como gran novedad, una máquina de electrizar.

A partir de 1788 se inició la publicación de una serie de disertaciones sobre la Electricidad y sus aplicaciones médicas que constituyeron, durante muchos años, los ejemplos más señalados de la Electroterapia española.³⁵

Estas exhibiciones ante la Real Sociedad de Medicina y demás Ciencias de Sevilla representan una introducción tardía de los avances europeos en el campo de la Electricidad y sus aplicaciones. A pesar de este retraso, suponen las primeras experiencias documentadas del uso de máquinas de electricidad estática y de condensadores, los dos dispositivos tecnológicos conocidos en ese momento para la génesis y el control de esta forma de energía. La exhibición de estas máquinas y su aplicación en seres vivos constituyeron el primer y necesario paso para la difusión de los conocimientos de Electricidad en nuestro país.

En las Memorias de la Regia Academia Sevillana figuran comunicaciones presentadas por diferentes autores, y que harían de Sevilla el núcleo fundamental de Electroterapia en España durante esta época.

En 1734 se crea en la Academia Médica Matritense. Sus actividades se orientaban sobre todo al ámbito médico, pero también a diferentes ámbitos como la Historia natural, la Química, la Física y la Botánica.

35 La primera de ellas, fechada el 3 de abril de 1788 es de Cristobal Nieto de Piña, quien realizó una revisión de las aplicaciones médicas de la nueva energía en su Disertación médica, en que se manifiestan las útiles results de las emanaciones eléctricas para la salud. Sus reflexiones sobre las aplicaciones de la electricidad se centran de nuevo en su utilidad en las parálisis parciales, las hemiplejias, tal y como ya había postulado Kratzenstein. De especial interés eran las advertencias prácticas sobre el modo de aplicación, que significaban un acercamiento al concepto de dosificación. Pese a que el autor construyó expresamente una máquina eléctrica para realizar sus experimentos y aplicarlos a diferentes sujetos, no encontró voluntarios sobre los que aplicar la “electrificación”, a pesar de su intensa búsqueda. «Memoria sobre las máquinas eléctricas con algunos experimentos». Memorias Académicas de Medicina y Demás Ciencias de Sevilla, 1775, 36: 132-154.

D. Vera y Limón. «Demostraciones eléctricas acomodadas a la Medicina.» Memorias Académicas de Medicina y Demás Ciencias de Sevilla, 18 de mayo de 1797, 35: 232.

Tras diversas vicisitudes, llegando incluso a clausurarse en 1824, reanudaría de nuevo sus actividades, pasando a denominarse, tras la aprobación de un nuevo reglamento en abril de 1861, Real Academia Nacional de Medicina.

Existen abundantes testimonios de que en esta Academia se llevaron a cabo numerosos experimentos relacionados con la Electricidad. Autores como Vázquez Morales nos han dejado testimonio de que en dicha Academia (al igual que había ocurrido con la Regia Sociedad Sevillana), se habían presentado los generadores electrostáticos y sus correspondientes efectos.

Este autor cuál era señala el espíritu ilustrado y científico de esta Academia, cuando presenta ante la misma para su aprobación, su traducción de la obra del Abad Nollet *Ensayo sobre la electricidad de los cuerpos*.

Fundada en 1746, inicialmente bajo el nombre de *Conferencia Física-Matemática Experimental*, se convertiría posteriormente en la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona siendo uno de los centros más importantes de la península en la introducción de los avances científicos europeos.

A finales del siglo XVIII, la Electricidad y sus incipientes aplicaciones terapéuticas eran ya conocidas y comentadas en Barcelona, pero con más curiosidad que convencimiento, como se puede comprobar en las numerosas memorias de la Academia de Medicina de las Ciencias y las Artes.

Dentro de dicha Academia, se crearía una sección dedicada a la Electricidad y el Magnetismo, de la que sería su primer director Anto-

ni Juglá i Font. Éste leería en 1773, la obra de Nollet *Lettres sur l'électricité* en el seno de la Academia. Juglá expuso un total de cuatro memorias entre los años 1782 y 1791 donde, siguiendo las teorías de Nollet, presentó las máquinas electrostáticas y los condensadores eléctricos y describió algunos fenómenos eléctricos observados en la naturaleza, especialmente el de la conducción eléctrica, con la intención de aplicarla en la construcción de un pararrayos en el polvorín de Montjuic.

En este contexto destaca la obra de Francisco Salvá y Campillo como uno de los primeros iniciadores de un estudio riguroso sobre la Electricidad en España, aunque inicialmente se interesó por las aplicaciones del galvanismo médico, sus aportaciones más importantes serían en otro ámbito. Una de sus primeras publicaciones sobre la Electricidad tuvo lugar en 1787 con un escrito sobre el pararrayos en el Memorial Literario. El 9 de enero de 1778 presenta en la Academia de Medicina una Memoria sobre la electricidad positiva y negativa, en la misma línea de Franklin.

Entre 1796 y 1799 residió en Madrid, estancia que coincidió con la visita de Von Humboldt a la capital, lo que permite especular con la posibilidad no confirmada de un contacto entre ambos.

Salvá fue uno de los científicos que, desde la citada Academia, se agrupó alrededor de las nuevas ciencias, como la Física, la Química, la Biología, la Fisiología, etc. Entre este amplio grupo de científicos, existía un gran interés, desde diferentes perspectivas, por fenómenos como el Magnetismo, la Electricidad y el Galvanismo.

Son destacables las experiencias y observaciones clínicas llevadas a cabo en diferentes hospitales en esa época, como el Hospital General

de la Pasión de la Corte (Madrid) donde Higinio González Llorente, mandó instalar dos máquinas eléctricas en 1795. Con ellas se realizó la supuesta curación de una “hidropesía universal”, realizada por el físico y médico Francisco Cónsul Jove, en 1792, a través de Electroterapia. Este mismo Hospital, en junio de 1799, se recogen también diferentes observaciones clínicas relacionadas con la Electroterapia realizadas a propuesta de Higinio Antonio Llorente y bajo la dirección de Dámaso Torrecilla.

Pese al trabajo de los autores señalados, la creación de las diferentes Academias, y la publicación de diferentes obras y las traducciones realizadas, podría decirse que a finales del siglo XVIII la electroterapia en España se encontraba todavía “en la prehistoria” de su evolución.

La transformación definitiva se produce en la transición entre el siglo XVII y XVIII. La electricidad, en esos primeros años se encuentra todavía en una fase muy primaria y su estudio aparece ligado frecuentemente al de los fenómenos magnéticos. El estudio de los “fluidos imponderables”, relacionados con los fenómenos de la electricidad, magnetismo, calor, luz, calor radiante, etc, figuraba en el núcleo de las preocupaciones de las vanguardias científicas. Además, fue objeto favorito de los naturales (Naturphilosophie), que buscaban una unidad más profunda en la Ciencia. El fenómeno eléctrico se presentaba como un tema científico atractivo, pero también complejo. Como ejemplo, entre 1770 y 1815 la electricidad era considerada por algunos como un elemento químico. La frontera entre la Física y la Química no estaba bien delimitada. De hecho, el Galvanismo ocupaba la intersección de la Física -vía electricidad-, la Química, -vía electrólisis- y la Fisiología -vía analogías con los peces eléctricos-. Después del descubrimiento de la pila, la Electricidad dejó de considerarse como una fuerza de la

naturaleza. A todo esto, debemos añadir las grandes dificultades técnicas que existían en ese período para realizar mediciones precisas y llevar a cabo experiencias eléctricas. Así queda trazado el camino para iniciar la revolución definitiva en la entrada del siglo XIX.

Pese a estos cambios esperanzadores, a finales del siglo XVIII, se distaba todavía mucho de conocer el fenómeno molecular de la electricidad, y, pese a encontrarse ya con numerosos testimonios y experimentos de su aplicación en la terapéutica, poco se conocía a su vez de los efectos que este agente originaba en el organismo. La mayor parte de los documentos que se pueden consultar relativos al primer período de la electricidad médica, no tienen en la actualidad más interés que el puramente histórico. Las observaciones de curaciones obtenidas dejan muchísimo que desear clínicamente hablando. Hay que tener en cuenta que muchas de aquellas observaciones pertenecen a personas ajenas al ámbito médico.

8. LA ELECTROTERAPIA EN EL SIGLO XIX.

8.1. Sinopsis sobre el estado de la Ciencia Europea durante el siglo XIX.

Según el vigente calendario gregoriano, el siglo XIX comprende en Occidente los años situados entre el año 1801 y el 1900. Sin embargo, algunos historiadores, enmarcan el siglo XIX como el periodo que transcurre entre el inicio de la Revolución Francesa (1789) y el inicio de la Primera Guerra Mundial (1914).

Las características fundamentales de este siglo fueron sus fuertes cambios, que ya venían siendo anunciados y gestados desde el siglo anterior. Se podría dividir históricamente en dos períodos: el Romanticismo y el Positivismo.

En cada uno de ellos acontecerían importantes y revolucionarios cambios históricos que afectarían a todos los estratos sociales. En el Romanticismo que ocuparía la primera mitad del siglo XIX, se producirían la Revolución Liberal, La Revolución Burguesa y la Revolución industrial.

El siglo XIX significó un nuevo cambio de paradigma, que dio paso a nuevos modos de pensar. La razón es el pilar fundamental en el que se apoyará la Ciencia, el Racionalismo, y el Positivismo, significará la fe en el individuo, el poder de la razón humana y la confianza en que

la Ciencia será la llave para comprender la naturaleza. Por primera el pueblo accedía de modo general a la educación.

Este siglo fue crucial en la historia de la Ciencia, produciéndose de modo importante su inserción en el tejido social y el experimento tendría un papel determinante en toda su actividad. La Ciencia pasa de ser una labor individual a una tarea social, floreciendo los congresos científicos y creciendo de manera considerable el número de organizaciones y sociedades dedicadas a disciplinas especializadas.

La Medicina sufrió grandes transformaciones que la alejaban por primera vez de especulaciones y del empirismo, por primera vez se crea una ciencia real, que se nutre de los avances de la Física y la Química y la Fisiología, entre otros, además de aprovecharse de los enormes desarrollos tecnológicos de esta época.

Un importante avance de la Física en este siglo fue el intentar unificar las hasta entonces diferentes ramas de esta ciencia. Luz, electricidad y calor, constituyen el objetivo principal de los principales investigadores. Se inaugura una "Física objetiva", independiente de las percepciones sensoriales, que hasta entonces se hallaban entremezcladas.

En relación con la Electricidad, se continúa con los trabajos experimentales iniciados en el siglo anterior, destacando enormemente los hallazgos de renombrados científicos como Andre-Marié Ampere, Michael Faraday y Georg Ohm.

La unión teórica de la Electricidad con el magnetismo, como manifestaciones sometidas a las leyes de la termodinámica, dio un salto

fundamental con la teoría electromagnética de Faraday, y la cuantificación de ésta a través de las ecuaciones y las leyes de Robert Maxwell.

A caballo entre el siglo XIX y XX se encuentran los trabajos y descubrimientos de Nicola Tesla y Thomas Alva Edison, que entablaron una enorme polémica entre los defensores de la utilización de la denominada corriente continua (defendida por Edison) y la corriente alterna (por Nicola Tesla). Esta polémica se extendería también en el ámbito de la aplicación de la Electroterapia.

Por último, ya que no tienen cabida señalar todos los imparables avances científicos producidos durante este siglo, debe destacarse el inmenso trabajo realizado por fisiólogos como Carlo Matteucci, Hermann Von Helmholtz y Emil Du Bois Reymond, que llegaron por primera vez a una explicación plausible de la naturaleza de la contracción neuromuscular, y en especial Du Bois-Reymond. Fue uno de los primeros en establecer el principio de potencial de acción en el fenómeno de la conducción nerviosa. Por último, se debe considerar como figura capital en este ámbito a Claude Bernard, a quien muchos autores consideran el fundador de la Medicina experimental y cuya explicación del sistema nervioso y la contracción muscular, significó un punto de inflexión en todos los ámbitos médicos y fisiológicos.

8.2. La electroterapia durante el siglo XIX.

En lo que respecta a la Electroterapia, los avances producidos en este siglo en el campo de la Física eléctrica, la Medicina y la Fisiología, han sido los que fundamentan su aplicación actual.

Aunque su declive ya había comenzado en la segunda mitad del siglo XVIII, las aplicaciones de la electricidad estática en medicina ha-

bían disminuido, prácticamente desaparecido en Europa durante el siglo XIX. Así, varias revistas encargadas de difundir los progresos en Electroterapia apenas hicieron mención de la electricidad estática a partir de 1790. La comunicación de ideas era relativamente lenta, por lo que este tipo de aplicadores electrostáticos todavía permanecieron algún tiempo en América. Éstas dieron paso a nuevas formas de aplicación de la Electricidad: las corrientes galvánicas y principalmente las corrientes farádicas (volta-farádicas y magneto-farádicas).

Reseñaremos en primer lugar los clínicos más destacados en el campo de la Electroterapia.

A caballo entre el siglo XVIII y XIX destaca la obra de Giovanni Aldini (1762-1834). Fue un físico nacido en Bolonia (Italia) donde llegó a ser profesor de Física experimental. Fue sobrino del físico Luigi Galvani, cuyo tratado de la electricidad muscular fue editado con notas redactadas por Aldini en 1791. Su obra científica giró en torno al galvanismo y a sus aplicaciones médicas y también participó en demostraciones públicas del método.

Participó activamente en los experimentos realizados por su famoso tío, viajando por toda Europa y convirtiéndose en un ferviente defensor de la teoría de la electricidad animal de Galvani, principalmente ante los ataques de Volta y sus partidarios. Publicó un texto que tuvo una gran influencia posterior.³⁶

36 *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, (París, 1804), donde refiere y explica varios de sus experimentos en los que los principios de Luigi Galvani y de Alessandro Volta, electricidad bimetálica o mineral, fueron usados conjuntamente por primera vez. Realizó diversos experimentos sobre cadáveres, en los que conseguía obtener movimientos de diversas partes del cuerpo a través de la aplicación de las corrientes eléctricas. Estas “espectaculares reanimaciones”, provocaron una fuerte reacción entre sus contemporáneos. También trató con pacientes reales que presentaban diferentes patologías, refiriendo recuperaciones totales tras aplicarles administraciones transcerebrales de corriente eléctrica. Curiosamente, usó la pila bimetálica de Volta para aplicar corriente a animales desmembrados y también a personas fallecidas (se le veía a los pies de la guillotina, aplicando corrientes a cabezas recién cortadas).

El trabajo de Aldini significó el germen de desarrollos posteriores de varias formas de Electroterapia ampliamente utilizadas durante el siglo XIX, en especial la denominada “estimulación cerebral profunda”.

Joseph Constantine Carpue (1764-1846), nació en Londres (Inglaterra) y fue un distinguido cirujano, que comenzó sus estudios quirúrgicos en el St. George’s Hospital en Londres, tras ser educado en Francia y viajar ampliamente por toda Europa. Fue el primer cirujano que realizó una reconstrucción nasal. Tenía una pequeña máquina eléctrica en su sala de estar en la que realizó muchos experimentos sobre numerosos sujetos. Fue uno de los primeros clínicos británicos que usaron la Electroterapia en sus tratamientos. Para él, significaba una nueva modalidad de terapia muy prometedora. Aplicaba el galvanismo para el tratamiento de Patologías tan diversas como: artritis, fracturas, enfermedades venéreas, amenorrea, cataratas, sordera, ceguera, tumores, etc. Publicó un importante tratado titulado: *An introduction to Electricity and Galvanism, with Cases showing their effects y the cure of disease*, en 1803, en el que incluye una discusión de la teoría de la electricidad, muchos experimentos con galvanismo, y la descripción de varios tipos de aparatos de Electroterapia.

Otro autor destacado fue Carl Johann Grapengiesser (1773-1813) que publicó una importante obra³⁷ en la que preconiza la utilización de las corrientes galvánicas, con indicaciones precisas sobre su aplicación.

37 *Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden. Angestellt und beschreiben. Myliussischen Buchhandlung*. Berlín, 1801.

Fue muy importante la figura de Robert Remak (1815-1865), que nació en Polzen (Alemania). Fue médico e investigador, y contribuyó de modo importante al desarrollo de la Neurología, la Histología, la Electroterapia y, especialmente, de la Embriología.

Con respecto a la Electroterapia, publicó en 1855, junto a Thomas Addison (1793-1860) y Duchenne de Boulogne una importante obra: *Über methodische Electricisierung gelähmter Muskeln*. Esta obra fue un trabajo pionero en Electroterapia con corrientes galvánicas, introduciendo, por ejemplo, el uso de la corriente continua en el tratamiento de enfermedades nerviosas aplicadas sobre el cerebro y la médula espinal. Este tipo de tratamientos los describió de modo más extenso en otra de sus obras: *Galvanotherapie des Nerven und Muskelkrankheiten*, publicada en 1858 y dedicada a Von Humboldt. En esta obra estudiaba con detenimiento los puntos motores, que previamente había descrito Duchenne, demostrando que éstos eran el lugar por donde los nervios entraban en el músculo y estaban más próximos a la piel, por tanto, eran el punto ideal para colocar los electrodos. A partir de este descubrimiento, Remak comenzó a utilizar de modo sistemático Electroterapia para el tratamiento de alteraciones musculares y nerviosas (parálisis, neuralgias, calambres, etc.). Trató a más de setecientos pacientes con corrientes galvánicas, creyendo siempre que éstas eran superiores a las corrientes farádicas, defendidas por la escuela francesa.

Inicialmente el valor de la terapia aplicada por Remak fue controvertido, pero su metodología y rigor en las aplicaciones convencieron a la comunidad científica que acabó reconociendo su gran contribución a la Electroterapia. Su esquema fue aceptado sin paliativos gracias a la divulgación llevada a cabo entre otros por M. Benedikt y confirmado por electroterapeutas como Baierlecher, Mor, Meyer, Erdmann y Schuz.

Desde Inglaterra, destacamos la figura de Golding Bird (1814-1854) y su contribución a la Electroterapia en el Guy's Hospital de Norfolk (Inglaterra). Ya desde su época de estudiante en este hospital, Bird se sintió profundamente atraído por la Electroterapia y estableció el primer departamento de Electroterapia en Inglaterra, en 1840. Él y su grupo intentaban aplicarla de un modo racional y juicioso, no como una panacea, para evitar las críticas de sus colegas. Los registros de este centro describen que en la sala de electroterapia se aplicaban corrientes galvánicas y existía un aparato de electricidad estática. Esta sala era todavía un proyecto experimental, ya que se aplicaban los tratamientos de electroterapia a los pobres a modo de prueba, para mejorar la metodología, y dejó un impresionante listado de pacientes tratados en dicha sala. En ellos se recogen notables mejorías en patologías como parálisis histéricas, movimientos involuntarios, amenorrea, corea y úlceras por decúbito. Incluso alentó a los obstetras a utilizar la Electroterapia en la incontinencia urinaria y la hemorragia postparto y comunicó a otros especialistas que esta terapia no era eficaz en absoluto en patologías como sorderas, cegueras o parálisis con espasticidad. Bird aplicó sus conocimientos de Farmacia y Medicina, para mejorar sus tratamientos de Electroterapia. Por ejemplo, tras varias sesiones realizaba a sus pacientes análisis de sangre y orina, para comprobar su posible mejoría de modo empírico y científico.

Sus experiencias se basaron tanto en la utilización de máquinas electrostáticas, cuyo uso casi había desaparecido en esa época en Europa, y en la aplicación de corrientes galvánicas y farádicas. Para mejorar las condiciones técnicas de los aparatos empleados se unió a la *London Electrical Society*, donde además de la mejora en diversos aspectos tecnológicos, accedió al uso de diversos sistemas de producción eléctrica de actualidad en ese momento.³⁸

38 El Dr. Bird recogió en su obra *On the employment of electro-magnet currents in the treatment of paralysis*, publi-

El grupo del Guy's Hospital realizó una labor inmensa, ya que la Electroterapia antes de ellos se aplicaba de modo asistemático y con una base puramente empírica. En sus tratamientos se apoyó en estudios científicos aportados principalmente por los trabajos de Grove y Faraday y los hallazgos fisiológicos de Manteucci. Era el paso fundamental hacia una nueva concepción en la aplicación de la Electroterapia: los resultados obtenidos de modo experimental y los obtenidos por los clínicos, que hasta ese momento habían caminado de modo independiente comenzaban a ir de la mano, beneficiándose mutuamente de sus avances. Además, Bird aconsejaba a todo aquel médico que realizase tratamientos de Electroterapia a que cuidase la forma de administrarla y lo realizase de modo racional. Bird creía firmemente en el éxito de esta forma de terapia si se realizaba de un modo correcto y con un adiestramiento previo, adecuado e intenso, en esta técnica. Desaconsejaba, a todo aquel que no tuviese esta formación, el aplicar esta terapia.

Sin duda la aportación de Bird en el progreso de la Electroterapia como Ciencia y en el avance de su reconocimiento fue fundamental. Algunos autores le proclaman como el fundador de la Electroterapia moderna, ya que su contribución a la práctica de ésta de un modo racional, la alejaron de la charlatanería y el acientifismo de la que algunos la acusaban.

Otra figura fundamental fue la de Guillermo Benjamin Amand Duchenne (1806-1895), que nació en Boulogne (Francia). Este médico, puede considerarse como uno de los clínicos más importantes dentro de la Electroterapia. Diseñó su propio aparato de corrientes de inducción, con el que se dedicaba a recorrer los hospitales de París para es-

cada en 1846, sus experiencias y los casos clínicos tratados en la Unidad de Electroterapia del Guy's Hospital.

tudiar con todo detenimiento los casos más interesantes, y elaborar su teoría electroterapéutica, en ocasiones, tras enconadas discusiones con los jefes de planta del hospital. Su máquina era un dispositivo portátil, con una batería de zinc y carbón, aunque no se llegó a conocer a fondo el tipo de impulsos que tenía este estimulador. Era una figura solitaria en las plantas de los hospitales de París, soportando las burlas de los médicos oficiales, a los que él llamaba “los monarcas de hospital”. Tuvo el coraje y el firme propósito de seguir avanzando en su trabajo, y consiguió ganarse una reputación como neurólogo destacado. La ausencia de rutinas que cumplir en el hospital, por otra parte, le daban la oportunidad de desarrollar su interés por las enfermedades musculares, el electrodiagnóstico y la neuroestimulación.

Duchenne descubrió pronto que esta estimulación externa podía utilizarse para provocar movimientos y usarse como una forma de terapia, y pronto aparecieron también sus posibilidades como una forma de método diagnóstico. Para mejorar sus aplicaciones construyó sus propios electrodos de electrodos de superficie, ya que los existentes hasta ese momento causaban muchas veces daños en los tejidos.

En su obra *L'Electrisation Localisée*, publicada en 1855, se recogen tanto los efectos excitomotores como los sensitivos y vasomotores, que produce la corriente farádica. Además, fue el primero que dio indicaciones precisas sobre la posición de los puntos motores musculares y nerviosos, e introdujo las técnicas de electrodiagnóstico. Sus trabajos son de vital importancia en la aplicación de corrientes con efectos excitomotores, tal es así que es considerado junto con Emil Du-bois-Reymond, como el creador de las bases de la Electrofisiología y Electroestimulación moderna. Descubrió la función de los músculos aislados estimulándolos eléctricamente, aunque reconoció que la ac-

ción muscular aislada no existe en la naturaleza. Su obra *Physiologie des Mouvements* ha sido considerada un texto fundamental en la electroestimulación. Usando pequeñas descargas eléctricas, Duchenne se dedicó a clasificar las diferentes expresiones de la cara, investigando los puntos motores de su musculatura. Plasmó sus investigaciones en una serie de fotografías maravillosas, siendo un precursor en el uso de la fotografía en la patología médica.

Este autor fue el primero en diferenciar entre estimulación indirecta “vía nervio” o estimulación directa “sobre el músculo”. Llevó a cabo la electroestimulación del recto y de la vejiga en casos de incontinencia y en el útero en caso de amenorrea. Sus primeros resultados se describen en un informe en la Academia de Medicina en París, en 1848. Describió la diferencia entre el uso de corrientes galvánicas y alternas en términos de estímulo fisiológico para provocar una contracción muscular. Experimentó también el movimiento provocado en cadáveres a través de la electroestimulación, observando que, con las corrientes alternas se podía mantener una parte del cuerpo en una determinada postura, en tanto que, con las corrientes galvánicas el músculo entraba en “tetanización” y el cuerpo “temblaba”. Esta práctica le sirvió también para el estudio de las vías nerviosas, investigación imposible a través de la vivisección. Este fue un paso muy importante en el estudio de la Fisiología, similar al descubrimiento de los rayos-X, y que en su momento no estuvieron exentos de polémica. Esta obra se completó con otra publicada con posterioridad con mayor profundidad, que será considerada una de las obras capitales dentro de la electroterapia.³⁹

³⁹ *Mécanisme de la physionomie humaine, ou analyse électro-physiologique de l'expression des passions, applicable à la pratique des arts plastique's*. (Mecanismo de la fisonomía humana, análisis electro-fisiológico de la expresión de las pasiones, aplicable en la práctica de las artes plásticas), Paris: Chez Ve J. Renouard, 1862.

Sus experimentos pueden describirse como la realización por excelencia de una conexión entre el discurso fotográfico y la electrofisiología durante la segunda mitad del siglo XIX. Darwin reprodujo varias de sus fotografías en su obra *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, publicada en Londres en 1872.

Duchenne colaboró con la fundación creada por Robert Remak y Hugo Wilhelm von Ziemssen (1829-1902) sobre el diagnóstico físico; sin embargo la escuela francesa siguió sin apoyar estos avances alcanzados en Alemania. Duchenne, además, acabó entablando con posterioridad una intensa polémica con Remak.

Aquellos que le ridiculizaban una y otra vez por sus experimentos, ignoraban que, años más tarde, sus estudios se convertirían en un referente dentro de la neurología y que sería considerado por muchos como el creador de la Electroterapia. Además, el sistema de su propia invención para fotografiar a los pacientes, y sus singulares retratos le reservan un lugar en la historia de la fotografía médica. Fue el gran pionero en el desarrollo de la técnica de las exploraciones neurológicas y se distinguió por introducir la exploración de los puntos dolorosos y un preciso y sistemático modo de examen e interrogatorio clínico, lo que lo convirtió en insignia del método moderno de exploración en neurología.

A finales del siglo XIX, herederos de la tradición de Charcot y de los trabajos de Duchenne despunta un interés por la Electroterapia en Francia. Destacamos el servicio de Electroterapia de la Salpêtrière, creado posiblemente en 1873, y cuyo primer jefe de servicio fue el Dr. Romain Vigouroux (1831-1911) y con posterioridad Georges Apostoli (1847-1900). De 1893 a 1897 diferentes hospitales de Francia como el de Saint Louis, de Lariboisière, de Beaujon, de Broca, de la Charité, soli-

citan al *Conseil de Surveillance* des Hôpitaux de Francia, la creación de servicios de electroterapia, a imagen del existente en la Salpêtrière. Así el 24 octubre 1894, se crea un servicio de Electroterapia en el Hospital de San Luis, centrado en el electrodiagnóstico, además de la Electroterapia. *Se creó también la Société d'électrothérapie* (fundada en 1897 por Louis Delherm y Albert Laquerrierey presidida por Dr Paul Oudin), que se esforzaba por demostrar el carácter científico y la utilidad de sus métodos, así como la creación de laboratorios y servicios en los hospitales de asistencia pública. Desde esta sociedad se fundaron la *Revue Internationale d'électrothérapie* y los *Annales d'électrobiologie*. El Dr. Dr Emile Albert Weil, jefe de laboratorio de la Clínica Quirúrgico infantil, fundó en 1903 la *Revue de Physiothérapie*, revista mensual, en la que se incluían artículos sobre las aplicaciones terapéuticas de los principales agentes físicos.

Desde Estados Unidos se destaca las figuras de Beard y Rockwell, que, en 1871, publicaron su obra *Practical Treatise of the Medical and surgical uses of electricity*, en la que propugnaban el método de la faradización para la potenciación muscular.

Durante el siglo XIX, existieron varias mujeres destacadas en el ámbito de la Electroterapia, aunque la historia no ha sido afortunada a la hora de recoger su producción. Los diferentes condicionantes sociales, en los que no entraremos aquí, han dado la impresión de que ésta ha sido nula, afirmación que, sin duda, está alejada de la realidad. La obra más destacada fue la realizada por Elizabeth J. French (1821-1900), que nació en Mechanicsburg, (Pensilvania). Estudió medicina, que practicó junto a su padre, y pronto se apasionó por el mundo de la Electroterapia. Además de poseer una clínica a ella dedicada, publicó diversas obras sobre el tema y obtuvo varias patentes, como un cinturón galvá-

nico para el pecho y otro abdominal. Escribió varios textos sobre la misma, siendo el más destacado el publicado en 1873 *A new path in electrotherapeutics*.⁴⁰ En esta obra, además de presentar varios casos clínicos de pacientes que habían sido curados por sus tratamientos, también hace una llamada sobre el efecto pernicioso, e incluso los errores fatales, que puede provocar el uso de la electricidad aplicada por charlatanes y a través métodos acientíficos. Su figura y obra alcanzaron en durante su vida una amplia difusión, al menos en Estados Unidos.

French exhibió sus aplicaciones e investigaciones de Electroterapia en “1 Centennial” (reunión de científicos americanos). Como anécdota hay que señalar que se tuvo que inscribir como “viuda de Sheldon French”, para poder participar en la misma.

Además de la obra de French, se destaca a continuación el trabajo de varias mujeres científicas, que desde diferentes especialidades obtuvieron patentes en aparatos electromédicos y que desarrollaron su trabajo en este ámbito clínico de la electroterapia: Mary A. Hayward, Emily Amelie, Louise Epple, Mary E. Thomas (patentó una plantilla voltáica en 1891), Marion A. Mac Master, Sophia Hetherington-Carruthers, Lizzie Lane, Flora A. Brewster, Amanda M. Irwin, Friederike Fritsche (que desde Berlín patentó un cinturón galvánico en 1894), Judith Walker (utilizó la electroterapia para el alivio de dolor y para la cicatrización de heridas), Ida C. Himmer (en 1884, patentó una batería eléctrica) y Ella N. Gaillard.

Simultáneamente al desarrollo producido en la Electroterapia en su vertiente tanto analgésica, como de estimulación, se continuó con

40 French, E. *A new path in electrical therapeutis*. Filadelfia: Lippincott Co.,1883.

el trabajo ya iniciado en el siglo XVIII sobre la iontoforesis, es decir, la introducción de fármacos en forma de ión a través de corrientes eléctricas en el organismo. Se destacan las investigaciones más importantes en el siglo XIX en este campo, principalmente llevada a cabo por un grupo de químicos (Dietrich von Grotthus (1785-1822); Rudolf Emmanuel Clausius (1822-1888); Johann Hittorff (1824-1924), Chatzky, y Labatut, entre otros).

Antoine César Becquerel (1788-1878), realizó importantes estudios sobre la Electricidad y la electrolisis, investigando en 1839 los efectos electroquímicos de la luz. Construyó un galvanómetro diferencial, un termómetro eléctrico y aplicó electroterapia sobre varios tipos de neuralgia en 1860. Escribió importantes obras y revisó diversos artículos científicos. Puede considerarse como el padre de la electroquímica. Un hito en la historia de la iontoforesis será el trabajo de Benjamin Ward Richardson, que introdujo anestesia dental a través de una corriente galvánica. Fue bautizado como “el padre de la iontoforesis dental”. En 1870 el científico alemán Hermann Munk (1839- 1912), estudió intensamente el transporte de diferentes sustancias a través de los poros de la membrana celular por medio de la corriente eléctrica, fenómeno que denominó cataforesis. Los trabajos más demostrativos de la penetración de los iones en el organismo se realizaron a finales de siglo por Stephane Leduc y Enschedé, los primeros en demostrar la penetración de los iones por medio de electroforesis en tejidos animales vivos. Leduc realizó experimentos sobre conejos vivos, a los que aplicó estricnina y cianuro potásico por medio de electroforesis causándoles la muerte, y Enschedé realizó experimentos con ranas vivas.

Jacques Arsène d'Arsonval (1851-1940), es considerado por muchos como el fundador de la Física-biológica. Fue miembro de *l'Académie*

de médecine en 1888 y de la *l'Académie des Sciences* en 1894. Dirigió el laboratorio de biofísica del *Collège de France* de 1882 a 1910. Se enorgullecía de haber sido alumno de Claude Bernard y se interesó profundamente por los trabajos de Tesla y por los osciladores de alta frecuencia que éste diseñó. A él se deben los trabajos más importantes sobre las corrientes de alta frecuencia aplicadas a la terapéutica. Comenzó con sus investigaciones clínicas de modo tan exhaustiva que no hubo prácticamente campo en el que no se probase la eficacia de las corrientes de alta frecuencia. Aún hoy en día, en algunos textos, aparecen las corrientes de alta frecuencia como corrientes de D'Arsonval. Tras intentar que estas corrientes actuasen sobre patologías como cáncer, tuberculosis, etc, no tuvo tanto éxito como pretendía, pero descubrió que éstas producían calor en profundidad. Publica, entre 1891 y 1897 diversos trabajos en los que demuestra la inexcitabilidad del sistema neuromuscular al paso de estas corrientes y su capacidad de penetración, así como que la alta frecuencia modifica algunos procesos fisiológicos como el intercambio respiratorio, la dilatación de los vasos venosos a nivel periférico, y la presión arterial. Publicaría sus hallazgos en un texto de referencia⁴¹ y sus hallazgos serían confirmados posteriormente por Von Zeyneck.

Señalar que, pese a los grandes avances conseguidos, e influenciado por el Romanticismo de la época, algunos sectores todavía conferían a la electricidad propiedades sobrenaturales, casi ilimitadas. Se habían magnificado las posibilidades reales de esta energía, creando la imagen de que el fluido eléctrico era esencial para la vida y su cuidadosa administración era capaz de obrar cualquier prodigio. Este poder ilimitado se vio reflejado en la novela de Mary Shelley *Frankenstein* o el moderno Prometeo (1918), en la que se narra como a través de la

41 D'Arsonval E. *Traité de physique biologique publié sous la direction*. Paris, Masson, 1901-03.

electricidad, en un laboratorio y a partir de fragmentos muertos, se crea un nuevo ser vivo.

Más allá de la literatura, esta nueva concepción del poder ilimitado de la electricidad llegó a hacer creer a algunos científicos, que podría servir para “resucita a los muertos”. Sirva como ejemplo de esta afirmación el caso del Dr. Andrew Ure (1778-1857), que fue un profesor de química y filosofía natural escocés, nacido en Glasgow. Sus experimentos sobre la electricidad le llevaron a enunciar que estimulando eléctricamente el nervio frénico podría resucitarse a fallecidos por ahogamiento, o ahorcamiento. Se hizo famoso en su época porque experimentaba con cuerpos recientemente fallecidos (muchos de ellos ejecutados por la justicia), aplicándoles corrientes en varias partes de su cuerpo, con la convicción de que podrían devolverles a la vida. Estos experimentos los realizaba ante sus estudiantes de Medicina, de la Universidad de Glasgow y los recogió en un texto que publicó en 1819.⁴²

En medio de toda esta sensación de progreso y poder ilimitado de la Electricidad, se presentó en el estado de Nueva York (E.E.U.U.), en 1880, la silla eléctrica, que en aquel momento se interpretó como un “nuevo avance en la civilización”, pese al triste uso al que se le destinó.

Como último aspecto a destacar sobre los avances en la Electroterapia en el siglo XIX, el desarrollo de las bases teóricas reseñadas, dependieron a su vez de la mejora y diseño de complementos auxiliares para la mejor aplicación de las dosis eléctricas adecuadas: conmutadores, reostatos, galvanómetros, electrodos, baterías, etc. Uno de los

42 Ure A. *An account of some experiments made on the body of a criminal immediately after execution, with physiological and practical observations.* Journal of Science and the Arts, 1819.

mayores empeños de los fabricantes consistió también en lograr unos aparatos fácilmente transportables, objetivo que se desarrollaría plenamente en el próximo siglo.

8.3. Estado de la Ciencia en España durante el siglo XIX.

Los comienzos del siglo XIX en España significaron un trágico final para lo poco que con esfuerzo se había conseguido durante el siglo XVIII. Entre tanto, países como Alemania, Francia, Estados Unidos o Gran Bretaña gozaban de una prosperidad envidiable y, a todas luces, habían arrebatado a España el papel de nación poderosa y hegemónica alcanzada siglos atrás. Si cuando las condiciones eran favorables, la Ciencia no se desarrolló en España, era obvio que, en épocas adversas, la situación no iba a mejorar.

El desarrollo científico estuvo en esa época muy relacionado con el pensamiento políticamente progresista, que no siempre prevaleció en ese siglo. España volvería a la idea de contraponer Ciencia y Religión.

Una contribución importante en el siglo XIX a la ciencia española, en lo que se refiere a su aspecto institucional, fue la creación el 25 de febrero de 1847 de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, institución que acogió a la mayoría de los mejores científicos residentes en Madrid y cuya función social más importante fue la de preparar los informes solicitados por el gobierno. En general, éstos sólo se referían a qué libros científicos debían ser adquiridos por el estado. Esta institución había nacido muy tarde en España -en otros países sus homónimas se constituyeron en los siglos XVII o XVIII- y los legisladores no sabían muy bien cuál era su papel, pues, en general, preferían consultar a los colegios de ingenieros o a los militares los asuntos relacionados con las ciencias.

Otra de las instituciones destacadas en la España del XIX fueron: la creación de La Institución Libre de Enseñanza (1875), donde el estudio y la divulgación de la Ciencia tendrían un papel primordial, el Instituto Biológico, que dirigió en Madrid Rafael Martínez Molina (1816-1888), La Escuela Libre de Medicina de Sevilla y La Academia y Laboratorio de Ciencias Médicas de Barcelona. Todos ellos tuvieron un papel muy importante en el inicio de la experimentación práctica en el campo de la Química y la Física, reducidos prácticamente, hasta el siglo XVIII, a un conocimiento teórico adquirido a través de la traducción de obras de autores europeos.

8.4. La Electroterapia en España durante el siglo XIX.

Los experimentos realizados durante la Ilustración sirvieron como inicio, todavía rudimentario, hacia una profundización en los conocimientos sobre Electroterapia. Podría presumirse una difusión más o menos rápida de esta nueva forma de energía y de sus aplicaciones médicas, pero las circunstancias políticas y económicas de España en el inicio del siglo XIX, significaron un triste hundimiento de toda actividad científica, con el cierre de numerosas instituciones y la clausura de las pocas publicaciones científicas que comenzaban a aparecer.

A pesar del inicio sombrío a principios del siglo XIX en el campo de la ciencia, existió una recuperación esperanzadora a mediados del siglo XIX, creándose los primeros gabinetes terapéuticos dedicados a la Electroterapia, en los que destacaba el trabajo clínico de personalidades que de modo individual se interesaron por la misma. Resaltamos las principales figuras que realizaron su labor clínica en estos gabinetes.

Un aspecto que no se puede pasar por alto, es la relación entre el

desarrollo de la tecnología médica y la aparición del fenómeno de la especialización dentro de la Terapéutica física.

8.4.1. Obras destacadas en el campo de la Electroterapia en España durante el siglo XIX.

Pedro Gutiérrez Bueno (1745-1822), fue catedrático de Química del Real Colegio de Cirugía de San Carlos de Madrid. En 1803 publicó un texto titulado: *Observaciones sobre el galvanismo, con la descripción de los aparatos y el modo de usarlos*. En esta obra aparecen numerosas experiencias relacionadas con “el fluido galvánico”, particularmente aquellas con aplicaciones en “arte de curar”. Se trataba de una continuación de su Curso práctico de química, destinado a los estudiantes del Colegio de Cirugía de San Carlos, lo que explicaría la atención prestada a las aplicaciones médicas del galvanismo.

También en 1803 se publicó en España *Experiencias acerca del galvanismo*, y en general sobre la irritación de las fibras musculares y nerviosas, traducción del texto de Alexander Von Humboldt *Expériences sur le galvanisme, et en général sur l’irritation des fibres musculaires et nerveuses*. La versión española no es una traducción del original en alemán, sino de la obra en francés realizada por Jean François Jadelot en 1799.

Destaca también Eusebio Bueno Martínez, (1774-1814) profesor del Colegio de Cirugía de Santiago. Entre sus manuscritos figuraban unas notas publicadas en 1806, sobre el Galvanismo. En ellas se le comunicaba el envío de una máquina galvánica, así como notas sobre su aplicación a enfermos. Podemos suponer que Eusebio Bueno dispuso y debió utilizar, ya en 1803, la electricidad con fines terapéuticos. Además, conocedor de la obra de Humboldt, afirmaba en su manuscrito

que estaba de acuerdo con la propuesta de este autor para curar el reumatismo por medio del Galvanismo.

Otro autor interesado por el Galvanismo en España fue Juan Mieg (1779-1859), pionero en la divulgación científica y en sus publicaciones prestó atención al galvanismo. Mieg mantuvo correspondencia con Humboldt. Publicó en Madrid en 1840 una importante obra titulada Colección de problemas y cuestiones sobre la física y la química.

Una obra fundamental fue la de Alejandro San Martín Satrústegui. Generalmente conocido por su actividad como cirujano, pero también fue muy notable su interés por los procedimientos físico-terapéuticos, en especial por las técnicas gimnásticas. Fue profesor y delegado regio de la Escuela Central de Gimnástica, destacando además su actividad como redactor de la revista *La Regeneración Física* o sus experiencias con los nuevos rayos Röntgen en el tratamiento de algunos cánceres cutáneos, realizados en colaboración con Joaquín Decref. Lo más importante de su producción en Terapéutica física quedó reflejado en su obra titulada *Estudios de Materia Médica Física*, publicada en Madrid en 1880. Este ensayo incluye la sistematización de algunos de los procedimientos físicos más innovadores de la época, y constituyó un estudio y una actualización verdaderamente impresionante de los conocimientos europeos en este campo. La obra, con quinientas quince páginas, estudiaba cuatro modalidades terapéuticas: la Aeroterapia, la Hidroterapia, la Electroterapia y la Atmiátrica. Esta obra se generó desde el ámbito universitario, lo que representa un salto cualitativo, consiguiendo un nivel científico que tardaría muchos años en volver a ser alcanzado. Esta calidad científica era fruto tanto de su experiencia clínica, como de su interés en la docencia de la materia Médica Física, incluida en sus programas de Terapéutica.

El punto de inflexión definitivo en este siglo lo marcó la publicación de la obra del Dr. Eduardo Bertrán Rubio (1838-1909), al que destacados autores reseñan como la figura como la más importante en el ámbito de la Electroterapia del siglo XIX. Poseía un gabinete de Electroterapia, destacando como clínico, con una consistencia fisiológica y un rigor metodológico en sus aplicaciones que recogió en una ingente producción, publicando numerosos artículos e importantes tratados de electroterapia.

Su obra, publicada en Barcelona en 1872 *Ojeada sobre la Historia y Aplicaciones de la Electricidad Médica*, constituye uno de los recorridos históricos más importantes realizados hasta ese momento y en esa materia en España. Su segunda obra, publicada en ese mismo año “Electroterapia. Algo acerca del tratamiento de las neuralgias”, pone el valor la aplicación de modo riguroso y metodológico la aplicación de la Electroterapia en el ámbito de la neurología, especialidad incipiente a comienzos del siglo XIX en nuestro país. Por último, la obra publicada en ese mismo año *Electroterapia. Métodos y procedimientos de electrización*, Constituye un auténtico manual clínico para el tratamiento de la electroterapia, que aunque lógicamente, contiene algún error importante de aplicación, muchos de los procedimientos que aconseja, en especial el apartado de puntos motores para la aplicación de la electroestimulación, podrían servir de manual de aplicación en la actualidad.

La difusión de las ideas constituye un fenómeno indisolublemente ligado al desarrollo de la Ciencia. A principios del siglo XIX, apenas si existían en España revistas especializadas en Electroterapia, a nivel científico, comenzando a aparecer algún artículo tímidamente relacionado con la Electroterapia. En 1801, se publicó en el Mercurio de Es-

paña de Madrid: *Elogio Histórico de Luis Galvani*, en el que se abriría un campo hacia esta temática.

La primera revista especializada en los procedimientos físicos conocida en nuestro país fue fundada por José Díaz Benito, con el título de *Baños Árabes, Revista Clínica Trimestral de Hidroterapia, Aeroterapia, Electricidad y Gimnasia*.

El periodo correspondiente al final del siglo XIX e inicios del XX, significó la consolidación y florecimiento de este tipo de publicaciones especializadas, alcanzando en determinados periodos hasta cuatrocientas treinta y nueve revistas.

8.4.2. Los primeros gabinetes dedicados a la Electroterapia en España.

Durante el período intermedio del siglo XIX comenzaron a vislumbrarse signos de actividad clínica electroterápica en nuestro país. Se fundaron los primeros gabinetes terapéuticos y algunos profesionales se sintieron profundamente interesados por la aplicación de los tratamientos eléctricos. Estos establecimientos en sus comienzos no sólo estaban dedicados a la Electroterapia, sino que en ellos se integraban la mayoría de los procedimientos terapéuticos físicos. Un ejemplo eran los Institutos de mecanoterapia o los balnearios. En estos últimos, la Electroterapia se aplicaba principalmente por medio del galvanismo a través de pediluvios eléctricos o por la administración de baños electrolíticos de corriente farádica. Los dos primeros centros conocidos se ubicaron en Barcelona, alrededor de 1872. En ellos se realizaban tratamientos variados de Ortopedia, Hidroterapia, Electroterapia y Cinesiterapia. En Madrid se tiene noticia de un establecimiento híbrido entre los balnearios y los institutos de cinesiterapia hacia 1887. Su fundador,

José Díaz Benito tomó elementos de ambos enfoques para fundar un gabinete denominado «Baños Arabes». Contaba con secciones de hidroterapia, aeroterapia, electroterapia y gimnasia higiénico-médica. Estaba situado en el barrio de Salamanca. La difusión de la práctica clínica que se realizaba en este local llevó a José Díaz Benito a fundar la revista que lleva su nombre, a la que ya se ha hecho referencia en la sección dedicada a las publicaciones.

Se destaca también la labor de Serafín Buisen, médico que ya había realizado tratamientos de Electroterapia en el campo de la neurología en Instituto de Terapéutica operatoria dirigido por el cirujano Federico Rubio, y había impartido varias conferencias sobre este tipo de terapéutica. Posteriormente en 1889 abrió una clínica de Electroterapia, en el barrio de Buenavista de Madrid, dedicado a enfermos de la beneficencia.

Se destaca también el balneario instalado a finales del siglo XIX en Madrid, en la calle Olózaga, dirigido por D. José Olavide y Malo (1836-1901), donde, entre la variedad de remedios físicos, destacaban las aguas sulfídricas artificiales. También se aplicaban tratamientos de electroterapia, como se puede comprobar en el texto que, en 1899, se editaba sobre los servicios de este establecimiento.

Se resalta el interés de clínicos tan reputados como Ezequiel Martín de Pedro (1836-1875) que se interesaron colateralmente por la Electroterapia, concretamente por el tratamiento eléctrico del saturnismo.

El gabinete del doctor José Gastaldo Fontabella, fundado en la calle del Carmen, de Valencia, en 1857, constituye probablemente la primera clínica electroterapéutica española en la que se aplicaron sistemáticamente los conocimientos europeos de esta disciplina. Aunque interesado inicial-

mente en las enfermedades de los ojos, acrecentó su interés por la electricidad después de haber realizado unas primeras aplicaciones en 1857, con un cierto éxito terapéutico. Sus conocimientos fueron consolidándose y le condujeron a publicar una serie de casos clínicos a lo largo de 1863 en la revista *La España Médica*. Gastaldo usaba aparatos eléctricos franceses y era conocedor precoz de la obra de Duchenne. Fue uno de los primeros en usar la máquina de Breton, provisto de corrientes magneto-farádicas, además de los clásicos aparatos de corriente continua.

Los casos clínicos referidos representan una amplia variedad en el ejercicio, desde su aplicación en partos laboriosos como estimulador de la contracción uterina, el tratamiento de diversas parálisis, pasando por un caso verdaderamente adelantado de tratamiento eléctrico de la incontinencia. Gastaldo describía estos casos clínicos con gran detalle, pero recurría con frecuencia a la especulación y a la magnificación para explicar los efectos del fluido eléctrico sobre sus pacientes. Era un clínico fascinado por los “efectos maravillosos” de la corriente eléctrica, al estilo de los médicos ilustrados, con un concepto fisiológico muy vitalista. Su mérito fundamental fue la temprana absorción de la tecnología europea y la redifusión en nuestro país de sus aplicaciones clínicas, siendo uno de los primeros que utilizó los procedimientos de electrización localizada descritos por Duchenne unos años antes.

Otro autor, y que destacó sobre todo en España en el ámbito de la Psiquiatría fue Juan Giné y Partagás, que realizaba diferentes aplicaciones de Electroterapia para el tratamiento de enfermedades mentales.

El siguiente establecimiento destacable en el ámbito de la electroterapia en nuestro país, es el Joaquín Decref, inaugurado en Madrid en 1889 con el nombre de *Gabinete de Mecánica Médica*, pasando a llamarse

con posterioridad *Instituto de Mecanoterapia e Hidroterapia*, en el que se incluyeron diferentes modalidades de Terapia física, entre otras la Electroterapia y Ortopedia.

Otro gabinete importante fue El Gabinete de Masaje y Kinesiterapia, fundado por José Enrique García Fraguas que ya existía en 1897 en Valencia y fundó un nuevo centro en Zaragoza hacia 1904, ya denominado Instituto de Fisioterapia. Fue fundador y director de la revista *La Regeneración Física* y catedrático de Gimnástica en los Institutos de Salamanca, Valencia, Zaragoza y Barcelona.

En 1872, se funda en Barcelona, por M. Nunell, terapeuta francés, el *Grande Establecimiento Terápico Funcional* donde se aplicaban técnicas fisioterapéuticas como: Kinesiterapia, Hidroterapia, Balneoterapia y Electroterapia, esta última puesta a cargo por el Dr. Bertrán Rubio.

El Dr. Luis Barraquer Roviralta, inaugura en el Hospital de la Santa Creu de Barcelona, el Servicio de Neurología, que posteriormente se transformaría en Servicio de Electroterapia, siendo el primer servicio de esta especialidad del que se tiene noticia. El Servicio hospitalario de la Santa Creu, que inicialmente fue de Electroterapia, evolucionó posteriormente al Servicio de Neurología.

Sin duda los avances en Electroterapia estuvieron condicionados por el desarrollo de la tecnología, que, al igual que en otras facetas sufrió en España un considerable retraso con respecto a otros países europeos. La Electricidad como ciencia aplicada comenzó en España en la Escuela de Ingenieros Industriales en el Real Instituto Industrial de Madrid, la primera escuela existente en nuestro país. En 1858, D. Eduardo Rodríguez, catedrático, y posteriormente presidente funda-

dor de la primera Asociación de Ingenieros Industriales de España, incluyó en el Plan de Estudios la asignatura

Estos avances en la tecnificación eléctrica fueron la base para conseguir nuevos desarrollos en la Electroterapia. Una de las primeras industrias de fabricación de aparatos electromédicos se situó en Valencia en 1864, bajo la denominación de La Rosa.

A partir de actividades aisladas como las referidas, se construye el desarrollo de Electroterapia en España. Estos gabinetes abrieron un camino para las futuras clínicas dedicadas a la Electroterapia y fueron fundamentales para el desarrollo posterior de esta materia. Los autores referidos constituyeron “el período intermedio de la electroterapia”.

Se deja abonado un prometedor terreno para que dicha terapia inicie su etapa realmente científica ayudado por los avances tecnológicos, los hallazgos bioquímicos y fisiológicos, que podrían explicar finalmente los efectos de la electricidad en los diferentes tejidos del organismo.

9. LA CIENCIA EN EL SIGLO XX

Abarcar todos los cambios históricos, científicos y socioculturales transcurridos durante dicho siglo sería inabarcable, y queda fuera del presente trabajo.

Las dos guerras mundiales acaecidas, transformarían el mapa político europeo, además de los fuertes movimientos de independización de las colonias en Africa y Sudamérica, que ya se habían iniciado durante el siglo anterior.

La ciencia sufriría cambios revolucionarios con figuras señeras (Sigmund Freud que iniciaría una nueva visión en el ámbito de la psiquiatría y la psicología creando la especialidad del psicoanálisis, Alfred Wegener en el ámbito de la Geología, con su teoría de la Deriva Continental, Edwin Hubble, en Astronomía y su teoría que aportó luz sobre edad y estructura del universo, Kürt Gödel desde las matemáticas que apuntaba los límites de la geometría euclidiana y los límites del conocimiento, desde economía J.M Keynes y el estado del bienestar, James Lovelock, desde la ecología y su teoría de Gaia, etc.) y muchos otros, sentarían las bases del estado actual de la ciencia, con enormes avances y una gran especialización en los diversos campos científicos.

De obligada referencia es la descripción de la estructura del ADN con la doble cadena helicoidal, en 1953 por Watson y Crick, que re-

volucionaría la biología molecular y permitirían la secuenciación del genoma, con todo lo que conllevaría: las técnicas de clonación, manipulación genética, etc.

En el ámbito de la Física Max Plank, emitió su teoría respecto a la distribución de la longitud de onda de la energía emitida por un cuerpo negro en función de la temperatura estaba en completo desacuerdo con las predicciones de la física clásica. En el año 1900 publicó un artículo en el que presentaba una idea revolucionaria “toda la energía se emite en cantidades discretas o cuantos”. Acababa de iniciarse el primer paso de la mecánica cuántica”. Gracias entre otros al hallazgo de Plank, Einsten propuso que sólo podía transportar energía en pequeños paquetes o fotones.

En 1915, Einsten presentó su teoría de la Relatividad, que revolucionaba un concepto que en la física Newtoniana había permanecido durante mucho tiempo. Los trabajos de Newton explicaban el espacio y el tiempo como fijos y que ambos eran entidades independientes. La Teoría de la Relatividad afirmaba que lo único constante en el Universo es la velocidad de la luz en el vacío, y que los parámetros de velocidad, longitud de onda y paso del tiempo, varían según el marco de referencia del observados. Con su famosa teoría, mostró que la masa y la energía son equivalentes. También demostró que el espacio es curvo y finito, entre otros hallazgos que revolucionaron la física.

El descubrimiento de los antibióticos por parte de Alexander Fleming, posteriores investigaciones trajeron la nueva era de los antibióticos, y la medicina pondría su nuevo empeño en los tratamientos farmacológicos, y el desarrollo de la industria farmacéutica. Esto significaría que de alguna manera los tratamientos de Fisioterapia perdieron la im-

portancia que habían alcanzado en especial en la primera década de los años 20 en el entorno de los balnearios y las Terapias Físicas.

9.1. La electricidad del siglo XX: un cambio de paradigma

Una de las mayores contribuciones en el campo de la electricidad, y que significar un cambio de paradigma, será el descubrimiento de Ernest Rutherford, (1871- 1937), al describir en 1911 el núcleo atómico (en el centro del átomo debía haber un “núcleo” que contuviera casi toda la masa y toda la carga positiva del átomo, y que los electrones debían determinar el tamaño del átomo).

Este nuevo nivel de investigación a nivel atómico, por entonces necesitaba superar retos tecnológicos muy importantes, pero por primera vez ya se conocía la naturaleza real de la electricidad: electrones circulando a través de un conductor. Esa “brisa”, ese flujo aéreo misterioso”, que emanaban los cuerpos, cualquier explicación fantasiosa, habían quedado por fin totalmente superada.

Otro aspecto a destacar durante la primera mitad del siglo XX, es que se iniciaba una de las primeras carreras tecnológicas, desde diferentes países europeos, y por primera vez en la historia, superados por un país que ganaba en eficacia e inversión en este ámbito: los Estados Unidos.

La industria eléctrica crece con la sociedad de consumo a unos niveles inimaginables, y se crean las grandes compañías multinacionales que explotarán esta nueva fuente de energía.

A nivel social, la electricidad en el comienzo de siglo es un elemento de posibilidades ilimitadas en cualquier ámbito (alumbrado de ciuda-

des, hogares, electrodomésticos, etc.). De hecho, se inicia el siglo con la Exposición Universal de París en 1900, que tendría un pabellón por entero dedicado a la Electricidad.

Nos parece interesante señalar como una nueva característica del siglo XX, el convertirse en el “siglo de la publicidad”, el tiempo del sensacionalismo, como una nueva forma de comunicación, dirigida a la venta de productos de modo masivo. Se iniciaba el siglo de la “propaganda científica”. El mejor ejemplo de este hecho lo representan la venta masiva de los denominados “cinturones eléctricos”. Antes que los anuncios de coches, o de otros electrodomésticos, los anuncios de la electricidad aplicados a la salud iniciaron una publicidad masiva, plagada de inexactitudes, acientifismo, que sin duda no ayudarían a la evolución de la electroterapia.

9.2. La electroterapia en el siglo XX

A pesar de que algunas aplicaciones de Electroterapia, todavía altamente inespecíficas, se abren paso grandes avances apoyándose en el desarrollo de la Electrofisiología, la Tecnología y la Bioingeniería.

Señalar todas las figuras señeras durante este siglo en el ámbito de la electroterapia, sería interminable. Sin embargo, se quiere hacer un pequeño homenaje a la importancia que tuvo en España la figura de Celedonio Calatayud Costa (1880-1931), que fue un radiólogo, científico e investigador español y que obtuvo una gran relevancia internacional. Fue uno de los pioneros de la radiología en Europa, fundador de la Sociedad Española de Radiología y Electrología Médica, impulsor y primer catedrático de la cátedra de Radiología y Electrología Médicas en la Universidad Central (Universidad Complutense de Madrid), que además impulsó el primer Congreso Nacional de Medicina celebrado

en Madrid en 1919. Fue fundador de las publicaciones dedicadas a la Electroterapia en España, la *Revista Española de Electrológica y Radiología*. En 1900 viajó a París a la Exposición Universal, recibiendo en el Hospital de la Salpetriere lecciones sobre Electrodiagnóstico y Electroterapia, viajando a Francia, Alemania y Austria donde visitó a diversos radiólogos y fábricas de aparatos electromédicos. Instaló en Denia en 1902 su Instituto de Radiología y Electrológica Médicas y sería una de las figuras que más contribuyó al desarrollo de esta especialidad en nuestro país.

Igualmente se inicia el siglo con la publicación de obras muy importantes en este ámbito como es la publicada por Gilbert A. y Carnot P, en 1916 y titulada *Electroterapia*.⁴³ En ella se dejan sentadas las bases de las aplicaciones de electroterapia, de modo sistemático y riguroso, pudiendo diferenciarse dos diferentes ámbitos de aplicación: el electrodiagnóstico y la electroterapia.

9.2.1. El electrodiagnóstico.

Con relación al electrodiagnóstico, ya se había iniciado en el siglo anterior toda una revolución con el descubrimiento, casi de modo casual, del profesor Wilhem Conrad Röntgen, en 1895 de los rayos X. Todavía se desconocía la naturaleza de esa radiación, de ahí su denominación, pero se abría una nueva vía que significaba el poder visualizar el interior del organismo vivo, en tiempo real.

Una herramienta fundamental para la interpretación de la función neuromuscular ha sido el desarrollo de la Electromiografía. Si creación se basó en las investigaciones que los fisiólogos y médicos habían realizado en el siglo anterior, en especial a Dubois-Reymond, que

43 Gilbert A, Carnot, P. Biblioteca de Terapéutica. Salvat Editores, 1916. Tomo IV. Electroterapia.

como ya se ha referido, demostró que durante la contracción muscular se producía un potencial de acción, que era posible registrar.

En 1922, Joseph Erlanger (1874-1965) y Herbert Spencer Gasser (1888-1963), consiguieron amplificar las señales eléctricas que se producían durante un potencial de acción durante la contracción muscular, estimulando una fibra nerviosa por medio de un osciloscopio. Recibirían el premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1944.

La electromiografía convencional fue introducida por E.D. Adrian, D.W. y Bronk y Gilbert Phillips, desde el laboratorio de la universidad de Cambridge, en 1929. Y en 1944, Weddell G, Feinstein B, Pattle RE, publicarían los primeros estudios comparativos entre un músculo normal y una enfermedad neurológica, diagnosticados con EMG.

Entre 1930 y 1950 los científicos comenzaron a utilizar electrodos mejorados y más sofisticados para los estudios musculares, creándose los electrodos de aguja, con una mayor precisión diagnóstica.

El electromiógrafo ha servido desde entonces como un instrumento muy poderoso para valorar la actividad neuromuscular, como método diagnóstico, además su aplicación conjunta con el biofeedback, ha abierto una vía de tratamiento desde diferentes esferas.

Otro tipo de electrodiagnóstico que se desarrolló de modo importante para valorar la función neuromuscular, han sido los conceptos de cronaxia y reobase y las curvas I/T (Intensidad/Tiempo y A/T, Acomodación/Tiempo).

A comienzos del siglo XX, existía una pregunta clave en cuanto en

la electroestimulación: “¿cuánto tiempo debía durar el impulso eléctrico sobre el nervio, y qué intensidad debía tener para que se produjera una estimulación eficaz?”.

Estas cuestiones serían en parte resueltas gracias al trabajo y en ocasiones enconadas discusiones de destacados fisiólogos como Weiss, Hoorweg, Du Bois Reymond y Lapique. Gracias a sus estudios se desarrollaron la Ley fundamental de la electroestimulación y su expresión matemática, destacando los trabajos de Weiss y Lapique.

Louis Lapique (1866-1952), célebre fisiólogo francés, realizó numerosos experimentos para confirmar la anterior fórmula fundamental. De esta forma, definió la Reobase y la Cronaxia y umbral de excitación, que posteriormente se convertirán en las bases del electrodiagnóstico. Matemáticamente, las curvas intensidad-duración de la electroestimulación las describió a través de hipérbolas. Los dos términos que caracterizaban su relación funcional eran Reobase: la mínima intensidad capaz de producir estimulación en el nervio o músculo, con una duración de pulso indefinida (1000 ms), y cronaxia: la definió como la duración de pulso que corresponde a una intensidad doble que la Reobase. Lapique propuso para sus aplicaciones la corriente alterna de baja frecuencia y de forma exponencial. Su esposa, Marcelle Lapique, fue igualmente una reputada neurofisióloga y Louis insistió en la parte fundamental de sus aportaciones, Sin embargo, históricamente, apenas se le nombre en sus trabajos posteriores.⁴⁴

La deducción de las características de un impulso óptimo que garantice la eficacia, inocuidad y comodidad ya era teóricamente posible

44 Lapique L «Recherches quantitatives sur l'excitation électrique des nerfs traitée comme une polarisation». J. Physiol. Pathol. Gen. 9: 620-635. (1907).

Lapique L. L'excitabilité en fonction du temps la chronaxie, sa signification et sa mesure, 1926.

en la primera década del siglo pasado, pero la disponibilidad de los componentes eléctricos capaces de obtenerlo no apareció hasta mucho más tarde. Teniendo en cuenta los medios de la época, únicamente se podía esperar obtener una respuesta muscular débil, asociada en ocasiones a dolores violentos quemaduras.

Los trabajos de Hill (1936), supusieron una mejor comprensión del fenómeno, y Hoorweg (1866-1952), también contribuyó al estudio sobre la Cronaxia y la Reobase.

Un discípulo destacado de Lopicque será Bourguignon, que aplicará a la clínica el estudio de la cronaxia, haciendo de la cronaximetría la base del electrodiagnóstico, utilizando para ello corrientes producidas por descargas de condensadores y corrientes interrumpidas.

En el campo de la Electroterapia, en el siglo XX, ya se delimitaron las tres grandes áreas de aplicación: la iontoforesis la electroestimulación y la electroanalgesia.

9.2.2. La iontoforesis.

Las primeras aplicaciones e intentos de introducir fármacos en el organismo, ya se habían iniciado hacía tiempo, como se ha referido en los trabajos de Veratti y Laura Bassi. Gracias a la publicación en 1913 de la obra del profesor Stephan Leduc (1853-1939), que fue un biólogo francés, que trabajó en especial en el campo de la difusión y osmosis.

Con la publicación en 1913 de su obra “Iones eléctricos y su uso en Medicina”, sentaría las bases de la denominada iontoforesis, que consiste en la introducción de fármacos por medio de una corriente eléctrica. Este procedimiento se perfeccionaría a lo largo de todo el

siglo XX con los avances en la dosificación de los fármacos, constituyendo una técnica muy eficaz que se sigue aplicando en la actualidad.

Se ha desarrollado una variante de la técnica anterior que es la introducción de fármacos por medio de ultrasonidos y que se denomina Fonoforesis.

Igualmente se realizarían en los balnearios las aplicaciones de electricidad junto con los baños galvánicos totales o parciales, que forman parte de otra terapéutica que se sigue aplicando en la actualidad.

9.2.3. La electroestimulación.

En relación con la electroestimulación hacia finales del siglo XIX la capacidad de medida de los pulsos utilizados en la electroestimulación era muy limitada y las teorías sobre la electroestimulación estaban todavía basadas más en un cierto grado de especulación que en medidas exactas. Como mejora en este ámbito se destaca la figura del científico francés, George Weiss (1859-1915), que estudió ingeniería en París, aunque posteriormente realizó estudios de medicina y se doctoró en 1889. En ese mismo año se convirtió en profesor agregado del departamento de Física Médica de la Facultad de Medicina de París. Realizó numerosas contribuciones a la fisiología, pero su mayor campo de interés fue la electrofisiología. Las experiencias que llevó a cabo Weiss le llevaron a constatar que para obtener una estimulación no es tanto la forma de la corriente lo que importa (algo que había supuesto motivo de enconadas polémicas desde hacía tiempo), sino la cantidad de corriente en un tiempo determinado. Dicho de otra manera, si se aporta la cantidad de corriente necesaria para alcanzar los valores umbrales de excitación.

A pesar de estos grandes avances, todavía existió un cierto periodo de confusión en cuanto a la aplicación de la corriente eléctrica para la estimulación muscular. El resultado fue que durante unos años se desarrollaron numerosas corrientes diferentes, en cuanto a su forma de impulso, duración de los pulsos, así como la gama de frecuencias utilizadas.

En 1941, Bauwens da un gran impulso al estudio neuromuscular al realizar aplicaciones clínicas utilizando aparatos electrónicos, lo que permite un avance significativo en la electroestimulación e inicia un extraordinario desarrollo de los conocimientos y de la experiencia en este campo. Él utilizó aparataje que ya permitía programar diferentes parámetros, y con la posibilidad de variar sus condiciones y características. Muchas de estas corrientes resultaban en ocasiones peligrosas, y seguían resultando bastante incómodas, lo que limitaba bastante la aplicación de la electroterapia como forma de potenciación muscular.

Hasta la década de 1970, la estimulación con corrientes eléctricas había sido utilizada predominantemente en la reeducación muscular de patologías con origen neurológico. Esta fecha marca un periodo de inflexión. A finales de esta década, comienzan a utilizarse las corrientes eléctricas para incrementar la fuerza muscular y mejorar la resistencia, en personas sanas e incluso en deportistas.

El fisiólogo ruso Yakov Kots, dio a conocer en 1977, durante un Simposio entre canadienses y soviéticos, en la Universidad de Concordia (Canadá), sus trabajos sobre la electroestimulación muscular en deportistas. Los estudios presentados se basaban en una serie de experimentos con atletas rusos (1971, 1977) en el que presentaba un protocolo óptimo para mejorar la fuerza, sin inducir fatiga muscular

durante los entrenamientos. Durante este simposio Kots, realizó una serie de ponencias sobre sus estudios experimentales (en laboratorio y con sujetos reales, el entrenamiento de los deportistas de élite (en el entrenamiento del atleta Borzov), demostrando a nivel teórico, práctico y terapéutico los efectos de esta nueva corriente denominada “Corrientes Rusas”. Estas corrientes Rusas presentaban las siguientes características: 2500 Hz de frecuencia, con modulación cuadrangular a 50 Hz, y este autor proclamaba resultados espectaculares en el rendimiento de sus atletas.

Los trabajos de Kots supusieron un punto de partida para posteriores estudios, ya que él fue el primero en exponer la utilidad de la estimulación neuromuscular en deportistas de élite y la reacción comercial tras estos “extraordinarios” hallazgos no se hizo esperar, se produjo una masiva producción de estos estimuladores, con este tipo de corrientes, en Europa, estados Unidos y Canadá, de modo que en los 80, la primera generación de este tipo de estimuladores estaba en el mercado.

Sin embargo, Kots pronto fue objeto de severas críticas. En primer lugar, autores como Ward y Shkuratova, llaman la atención sobre el hecho de que este autor nunca facilitó los textos originales de sus trabajos experimentales, sólo en ocasiones, aportó datos parciales de sus trabajos, lo que ha hecho que las revisiones sobre los mismos no hayan sido todo lo claras que deberían. Intrigados por estos hallazgos tan llamativamente eficaces, la comunidad científica, especialmente norteamericana, creó varios grupos de trabajo, para estudiar los efectos fisiológicos de estas corrientes y bien apoyar o bien refutar estos resultados de Kots. De los numerosos estudios realizados, ninguno de ellos pudo apoyar la afirmación de que las corrientes rusas no producen ningún disconfort en su aplicación, ni siquiera durante la tetanización.

Existen diferentes datos en la literatura rusa que apoyan el uso de la estimulación con corrientes rusas, aunque reconocen que algunas cuestiones aún no han sido suficientemente aclaradas. Sin embargo, ningún otro grupo científico fuera de Estados Unidos ha podido replicar sus hallazgos. Se podría deducir ante esta falta de concordancia, que probablemente Kots “exagerase” los resultados obtenidos durante sus entrenamientos.

Se abrieron con esta polémica, sin embargo, nuevas vías de investigación muy interesantes, en las que se observaron la posible eficacia de las corrientes de electroestimulación en pacientes con alteraciones en las fibras musculares, como algunas enfermedades crónicas y sobre patologías musculares o neurológicas.

Además de las corrientes de media frecuencia de Kots, otros autores descubrieron la eficacia de otro tipo de impulso eléctrico (corrientes bifásicas rectangulares) para conseguir resultados óptimos en el aumento de fuerza explosiva durante el entrenamiento.

A partir de los años 80 (y tras los trabajos de diferentes científicos), la electroterapia en la potenciación muscular se hizo totalmente racional, gracias sobre todo a los avances combinados de la fisiología y la tecnología. Una vez comprendidos totalmente los efectos de las corrientes eléctricas sobre los mecanismos bioquímicos e intracelulares en el organismo, se ha podido realizar una aplicación eficaz, segura y de máxima comodidad, o lo que es lo mismo, con una eficacia óptima. Actualmente la electroestimulación muscular se usa, además de en el ámbito de la potenciación, en otros aspectos como el trabajo propioceptivo, el estiramiento muscular, la electroestimulación funcional, y por descontado en la recuperación de lesiones. Además de trabajar con la electroestimulación local por medio de electrodos de superficie,

se han diseñado nuevos equipos como la electroestimulación de cuerpo completo o *Whole-Body Electrostimulation*.

9.2.4. Electroanalgesia.

La aplicación de corrientes eléctricas para disminuir el dolor o electroanalgesia, se había introducido ya en siglos anteriores, pero con ninguna explicación clara del tipo de impulso utilizado, y tampoco del porqué de los posibles beneficios obtenidos por medio de esta terapia.

Desde las primeras corrientes utilizadas en electroterapia, corrientes continuas o galvánicas, se habían introducido, como ya se ha reseñado, durante todo el siglo XX numerosas mejoras en relación al estudio del tipo de impulso óptimo, y el tipo de electrodos más adecuados para su aplicación.

La mayoría de los avances en el empleo de la electroanalgesia se han conseguido en la última mitad del siglo XX, cuando se han entendido realmente los mecanismos que subyacen al dolor, y el efecto que la electroterapia puede tener sobre el mismo.

Uno de los principales autores que contribuyó al diseño de una de las primeras corrientes utilizadas en electroanalgesia, ha sido la realizada por el odontólogo francés Pierre D. Bernard. Aún sin conocer claramente los efectos que las corrientes que aplicaba producían en el organismo, observó una notable mejoría en sus aplicaciones, con unas corrientes de baja frecuencia, de impulsos de forma sinusoidal, y con unas intensidades bajas, que no producían lesión en la piel. Muchos de los estimuladores utilizados en la actualidad, todavía conservan estas corrientes denominadas corrientes diadinámicas o de Bernard, y que recogió en un texto de referencia obligada en electroanalgesia.⁴⁵

45 Bernard P. L' *Thérapie Dyadinamique*, 1945.

La aplicación de estas corrientes se inició en Francia, durante los años 40, extendiéndose por diversos países, entre ellos España, durante los años 60.

Las aplicaciones de estas corrientes adquirieron rápidamente mucho éxito, y aún hoy en día, perdura su aplicación de un modo casi inalterable a como este autor las describió, pese a que fisiológicamente la explicación de su eficacia no está exenta de controversia. En parte porque hay pocas publicaciones sobre la terapia diadinámica.

De obligada referencia son los trabajos del alemán Hans Träbert, quien diseñaría también otro tipo de corrientes de electroanalgesia, en los años 50, muy utilizadas en los dolores musculares mecánicos en la espalda y que una vez publicados sus hallazgos, igualmente se difundieron con rapidez, manteniéndose todavía su aplicación.

Sin embargo, el punto de inflexión en la electroanalgesia sería la publicación en 1965, en la revista *Science* de las investigaciones de Robert Melzack y Patrick Wall, de la denominada *La Teoría de la Puerta de Control*⁴⁶. En ella pudieron demostrar que la transmisión del dolor mediante la terapia de corrientes estimulantes en la médula espinal puede ser suprimida por vías periféricas y descendentes del cerebro. La teoría de la puerta de control, aunque en la actualidad totalmente superada, abrió una vía de investigación fundamental sobre la influencia del cerebro en la percepción humana del dolor y el efecto de la electroterapia en la analgesia.

A raíz de estas investigaciones, a partir de los años 70, se diseñan los denominados TENS. En este tipo de corrientes, además de diseñarse por primera vez pulso de estimulación con una anchura de pulso de

46 Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: A new theory. *Science*. 1965;150:971-9.

microsegundos, se diseñan equipos con gran versatilidad, portátiles, y en los que el operador, puede elegir y variar los parámetros de frecuencia, anchura de pulso, intensidad y tipo de impulso eléctrico. Por primera vez, se puede aplicar la electroanalgesia con conocimiento claro de sus efectos fisiológicos, y el tipo de fibras aferentes sensitivas sobre las que se está actuando.

Con posterioridad y en los últimos años del siglo XX, se han diseñado otras nuevas aplicaciones en electroanalgesia, como las aplicaciones con electrodos de aguja, como la denominada (EPI®). Es una técnica de fisioterapia invasiva que consiste en la aplicación ecoguiada de una corriente galvánica (3-10mA) a través de una aguja de acupuntura y creada en el año 2000 por José Manuel Sánchez Ibáñez, fisioterapeuta. Una variante de la anterior denominada *La Electrolisis Percutánea Terapéutica o EPTE*.

Otra variante incipiente es la denominada *estimulación transcraneal por corriente directa* (tDCS). Esta técnica consiste en la aplicación de una corriente continua de baja intensidad durante un tiempo no superior a la media hora, por medio de la colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo. Estas corrientes pueden promover la despolarización o hiperpolarización del tejido subyacente utilizando este tipo de corrientes de manera anódica o catódica respectivamente. Esta modulación se consigue mediante el empleo de la corriente sobre el área específica del cerebro sobre la que se quiera trabajar. El uso de este tipo de corrientes tiene un efecto reversible sobre esta inhibición, además de provocar un aumento del grado de asimilación de tareas y a su vez de la neuroplasticidad cerebral.

Por último, aunque no menos importante, se quiere destacar que,

durante el siglo XX, se ha profesionalizado la figura del Fisioterapeuta, creándose como Área de conocimiento en las diferentes Universidades, creándose el Grado Universitario, la formación en postgrado y doctorado para los profesionales. Tras siglos anteriores en los que la Electroterapia se aplicaba desde diferentes estamentos profesionales, es a los fisioterapeutas, definidas desde sus competencias profesionales a los que corresponde formarse, aplicar e investigar sobre las diferentes modalidades de Electroanalgesia y Electroestimulación.

10. CONCLUSIONES

A diferencia de otras terapias físicas, como la Masoterapia, la Hidroterapia o la Cinesiterapia, conocidas desde la época clásica y con abundantes referencias históricas, el hombre ha tardado milenios en poder comprender el fenómeno de la electricidad, y más importante todavía, en disponer de una fuente de producción del mismo.

La historia de la electroterapia es un claro ejemplo de lo que ha significado la unión de conocimiento entre las diferentes ramas de la Ciencia. Aunque se han nombrado diferentes figuras relevantes y destacadas, las investigaciones procedentes desde el ámbito de la física, la química, la biología, la fisiología, la medicina, y la industria, han hecho que lleguemos hasta aquí.

Paradójicamente, siendo la parte de la Fisioterapia que más tarde se ha desarrollado, en el último siglo ha sufrido una auténtica revolución en su desarrollo, abriendo una vía ilimitada de dispositivos, así como terapéuticos y de diagnóstico.

¿Dónde estamos ahora? Desde la implantación de exoesqueletos y estimulación medular directa para conseguir que den pequeños pasos los lesionados medulares, hasta la estimulación neuronal selectiva en estas poblaciones, abren una nueva vía de prometedores resultados.

Queda el testigo para los futuros profesionales, que han recogido la antorcha de todos los hallazgos conseguidos hasta ahora.

He dicho.

11. BIBLIOGRAFÍA.

Asociación Española de Fisioterapeutas (Reglamento Nacional de la AEF, Art. 4º-17 de diciembre de 2006).

Adrian ED, Bronk DW. The discharge of impulses in motor nerve fibers II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contraction. *J Physiol.* 1929;67:119-151.

Barraquer-Bordas L. *Neurología Fundamental*. Barcelona: Ed. Toray SA; 1963. p. 502-67.

Beaudreau S. A., Finger S. Medical electricity and madness in the 18th century: the legacies of Benjamin Franklin and Jan Ingenhousz. *Perspect Biol Med* 3, nº 49 (2006): 330-45.

Benguigui I. Theories electriques du XVII siecle: correspondance entre l'abbe Nollet (1700-1770 et le physicien genevois Jean Jallabert (1712-1768). *Isis*, 76, nº 3. 1985:442.

Bernardi W. *Echanges d'influences scientifiques et techniques entre pays européens de 1780 a 1830*. París, 1990, pp. 161-170.

Bertucci P. *Therapeutic Attractions: Early Applications*. En: Whitaker, H.; Smith, C. U. M.; Finger, S. *Brain, Mind and Medicine: Essays in Eighteenth-Century*. Springer U.S. Nueva York, 2007.

- Boschetti E. G. ¿Qué es la electroestimulación? Teoría y práctica y metodología del entrenamiento. Barcelona: Paidotribo, 2002.
- Brazier M A B. A History of Neurophysiology in the 17th and 18th Centuries. From Concept to Experiment. Nueva York, Raven Press, 1984, pp. 78-81.
- Caldani, L. M. Letter to Haller. En: Haller A. Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal. (1756). Vol 3. Lausanne, 143-4.
- Cavazza M. Laura Bassi and Giuseppe Veratti: an electric couple during the Enlightenment. *Contributions to Science* 5, nº1 (2009):16.
- Climent Barberá, JM. Historia de la rehabilitación médica: de la física terapéutica a la Rehabilitación de inválidos. Edika Med, 2001.
- Cole N. G. The colateral sciences in the work of Golding Bird (1814-1854). *Med. Hist* 4, nº 13 (1969): 363-376.
- Colwell H. A. An essay on the history of electrotherapy and diagnosis. Londres: Heineman, 1922, p. 75.
- Comet, G. Metodi moderni di potenziamento muscolare. Roma: Calzetti Mariucci, 1998.
- Chau H. W. El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal. *Elementos* 65, nº 14 (Enero-Marzo 2007):49.
- Delitto, A. Introduction to “Russian electrical stimulation”: putting this perspective into perspective.” *Phys Ther.* 2002;82:1017–1018.

Devaux P. Historia de la electricidad. Traducido por Z. Ramírez. Barcelona: Salvat, 1949: 41.

Fara P. Portraits of Benjamin Franklin. Endeavour 26, nº 1 (March 2002).

Figuier L. Les merveilles de la Science. Paris: Jouvet, 1867, p. 209.

Fraga, X. A. Los experimentos sobre galvanismo de Alexander von Humboldt y su recepción entre los científicos españoles. En: Cuesta Domingo, M; Rebok, S. Alexander Von Humboldt. Estancia en España y viaje americano. Real Sociedad Geográfica. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 2008, pp. 201-221.

Ganot A. Tratado Elemental de Física. Paris: Librería de la Vda. de C.H. Bouret, 1900, p. 78.

Gardner L-. Lost Secrets of the Sacred Art. Nueva York: Harper Collins, 2003.

Garrison F. H. Historia de la Medicina. México: Interamericana, 1966, p. 72.

Garrison F. H. Introducción a la historia de la Medicina. Vol. I . Madrid: Calpe, 1922, p. 150.

Gutiérrez Bueno P. Observaciones sobre el galvanismo, 1803, fols. I-II, p. 14.

Helibron, J.L. Figuras sobre un fondo romántico. Representantes de las ciencias físicas en Göttingen en la década de 1790. En: Montesinos, J. et. al. Ciencia y Romanticismo. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. 2002, pp. 185-206.

García Barrón L. Phisica Electrica o acerca del primer tratado original español sobre fenómenos eléctricos. Revista del ICE de la Universidad de Sevilla, 1991:10.

Gilbert W. De Magnete. Tr. Thomson. Londres: S. Gilbert Club, 1900, Cap. II. Libro II, p. 35.

Green R.M. Commentary on the Effect of Electricity on Muscular Motion. Elizabeht Licht. Cambridge, Mass, 1953, p. 66.

Greenslade. T. B. Discovery of the Leiden Jar. The Physics Teacher, nº 32 (1994):536

Habeck R. Das Licht der Pharaonen. Munich: Ulstein Verlag, 1996.

Houston E. J. Von Kleist and the Leyden Jar. Vol. I. En: E.J Houston. Electricity in Every-day Life. Nueva York: Collier & Son, 1905, p. 72.

Humboldt A. Correspondance d'Alexandre de Humboldt avec François d' Arago. París: E.T. Hamy, 1907.

Kite Ch. Essay upon the Recovery of the Apparently Dead. Berkeley: University of California Press, 1788.

Laguna A. Pedacio Dioscorides Anazarbeo: Acerca de la materia médica y de los venenos mortíferos. Biblioteca de clásicos de la medicina y de la farmacia española. Ediciones doce calles. Madrid, 1999.

López Cruchet J. Modernidad filosófica y fantasía literaria: Corachán y sus Avisos de Parnaso (1690).» *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*, 23 (2006): 181.

Laguna Platero A, Martínez Gallego FA. Anuncios y sensacionalismo: el cinturón eléctrico y la irrupción de la publicidad de masas. *Pensar la Publicidad. Revista Internacional de Investigaciones Publicitarias*, 12, 15, 2018.

Kellaway P. The part played by electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Scribonius Largus. Compositiones Medicae*, XI, CLXII. *Bull Hist MEd*, 1946:20:112-37.

Finger S. Benjamin Franklin and the neurosciences. *Funct Neurol* 2, nº 21 (2006): 67-70.

Finger S. Benjamin Franklin, electricity, and the palsies: on the 300th anniversary of his birth. *Neurology* 10, nº 66 (2006): 159-63.

Gallego T. *Bases teóricas y fundamentos de la Fisioterapia*. Madrid: Panamericana, 2007, p. 24.

Gastaldo de Fontabella J. De la electricidad como agente terapéutico. *La España Médica* 8 (1863):84.

Hallé B. Rapport sur le Mémoire de M. Aldini concertant le galvanisme. *Procès-Verbaux*, nº 2 (1803): 580-581.

Hallé B. Observations sur l'effet du galvanisme dans un cas de paralysie. *Bull. Sc. Soc. Phil.*, nº 3 (1801): 31.

Helmstädter A. The history of electrically- assisted transdermal drug delivery (“iontophoresis”). *Pharmazie* 5 (2001): 583-587.

Hill A. John Wesley among the Physicians: A Study in Eighteen-Century Medicine. Londres: The Epworth Press, 1958, p. 87.

Hill, O. J. P. Mat’s Use of Electricity in the Practice of Medicine. *British Journal of Physical Medicine* 5, nº 10 (1957):100-102.

Humboldt, A. Von. Experiencias acerca del galvanismo y en general sobre la irritación de las fibras musculares y nerviosas. Madrid: Imprenta de la Administración del Real Arbitrio de Beneficiencia, 1803, fol. II.

Isidoro Santo, Arzobispo de Sevilla. Etimologías. Libro XVI, capítulo IV. De lapidibus insignorum. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos (B.A.C.), 1993, p. 305.

Íbidem, libro XVI, capítulo VI. De rubris gemmis, p. 307.

Kisch B. Forgotten Leaders in Modern Medicine: Robert Remak. *Transaction of the American Philosophical Society*, nº 44 (1954): 227-296.

Lain Entralgo P. Historia Universal de la Medicina. Madrid: Salvat, 1998. Vol. III, p 32.

Lanska, D. J., Joseph, T.; Lanska, J.T. Franz Anton Mesmer and the Rise and Fall of Animal Magnetism: Dramatic Cures, Controversy, and Ultimately a Triumph for the Scientific Method. En: *Brain, Mind and Medicine: Essays in Eighteenth-Century Neuroscience*. Springer U.S. Nueva York, 2007.

- Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, Benninger DH, Brunelin J, Cogiamanian F, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clin Neurophysiol.* 2017;128(1):56–92.
- Licht L. *History of electrotherapy.* New Heaven: Elizabeht Licht, 1967, p. 24.
- López Piñero J. M. *Medicina e historia natural en la sociedad española en los siglos XVI y XVII.* Valencia. Publicaciones de la Universitat de Valencia, 2007. p. 270
- López Piñero J.M. Terrada M. L. *Bibliographia médica-hispánica, 1475-1950. Bibliometría de las Revistas, 1736-1950. Vol. 9.* Valencia: Ed. Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia. Universidad de Valencia. CSIC, 1991, pp. 10-36.
- López Piñero J. M. *Lecciones de Historia de la Medicina.* Valencia: Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre las Ciencias. Valencia: Universidad de Valencia, 1989, p.45.
- Magnusson M., Goring R. *Chambers biographical dictionary.* Edinburgh: Chambers, 1990.
- McConnell A. *Jesse Ramsden (1735-1800). London's Leading Scientific Instrument Maker.* Londres: Ashgate Publishing Company, 2007.
- Nauche J., Tourlet R. *Aperçu des travaux de la Société galvanique pendant l'an XI".* *Journal du galvanisme, de vaccine, etc.* Par une société de physiciens, de chimistes et de médecins, 2 (1804), 193-221.

- Neumann E., Blanton R. The early history of Electrodermal Research. *Psychophysiology* 6, nº 4 (Ene. 1970):453-75.
- Nogier T. *Fisioterapia: Electroterapia*. Vol. IV, Barcelona: Salvat. Biblioteca de Terapéutica, 1925, p. 32.
- Nollet A. *Ensayo sobre la electricidad de los cuerpos*. Trad. J. Vázquez y Morales, op. cit., fol. LXXI.
- Pancaldi G. *Volta: Science and culture in the age of enlightenment*. Princeton: University Press, 2003.
- Pastor J. M., Cayuelas, C. (1988). *Electroestimulación Neuromuscular*. En Martínez Morillo y cols. *Manual de Medicina Física*. Madrid: Harcourt
- Peters HTHT, Edwards DJDJ, Wortman-Jutt S, Page SJSJ. Moving Forward by Stimulating the Brain: Transcranial Direct Current Stimulation in Post-Stroke Hemiparesis. *Front Hum Neurosci*. 2016;10:394.
- Relly P. *Applied Bioelectricity from Electrical Stimulation to Electropathology*. Nueva York: Springer Verlag, 1998.
- Pattison F.L.M. The Clydesdale Experiments: an early attempt at resuscitation. *Scottish Medical Journal* 31 (1986): 50-52.
- Piccolino M, Bresadola M. Drawing a spark from darkness: John Walsh and electric fish (review). *Endeavour*, Issue 1. March 2002: 19-26.

Richer J. Observations astronomiques et physiques faites en l'isle de Caienne. Memorias de la Academia Francesa de las ciencias. París, 1679.

Riera i Tuébols S. Síntesi d'història de la ciencia catalana. Barcelona: La Magrana, 1983, p. 107.

Rothschuh K. A. Von Humboldt et l'histoire de la découverte de l'électricité animale. Conférences du Palais de la découverte. París, 1960. P. 72.

Robertson W. S. «Digby's receipts» Ann. Med. Hist. 7, nº 3 (1925):217-218.

Olavide y Malo J. Aguas sulfhídricas y sulfurosas artificiales: Aeroterapia é Hidroterapia. Madrid, 1889, p. 4.

Pyclor HM, Slack NG, Abir-Am PG. Creative couples in the sciences. New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1996

Seligardi R. What is electricity? Some chemical answers, 1770-1815. En: Bertucci, P., Pancaldi G. Electric bodies. Episodes in the History of Medical Electricity. Bologna: Università di Bologna, 2001, pp. 181-208.

Parada y Santín J. La Electricidad y la Medicina. Beneficiencia Municipal. El liberal, lunes 8 de enero de 1889:2

Scribonius Largus. Compositiones Medicae, XI, CLXII. Bull Hist Med, 201946:112-37.

Serrano Piqueras P. Los comienzos de la electricidad médica. Trabajos de la cátedra de Historia de la Medicina, 3. Imprenta sobrinos de la sucesora de M. Minuesa de los Ríos, (1934): 94-98.

Still A. El alma del ámbar. Buenos Aires: Sudamericana, 1947, pp. 89-90.

Spiller R. E. Benjamin Franklin: Student of Life. Journal of the Franklin Institute 233, nº 4 (1942): 309-329.

Sue P. Histoire du galvanisme, París. Vol 4,1802-1805, pp. 216-223.

Stanley A. Mothers and daughter for invention. Notes for a revised history of thecnology. Nueva York: Rutgers University Press, 1995, p.120.

Torlais J. L'abbé Nollet. Un physicien au siècle des lumières. París, 1954, pp. 182-185.

Yunker W. La electricidad en el antiguo Egipto. Arqueología. Historia y Cultura Egipcia. I diciembre, 2006:32.

Von Guericke, O. Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio. Libro IV, Capítulo 3. Amsterdam: Joannem Jannonium, 1672, pp. 128-129.

Walsh J. J. Hunter J. Of the electric property of the torpedo. Phil. Trans. Roy. Soc., 1773: 63:461:80.

Weddell G, Feinstein B, Pattle RE. The electrical activity of voluntary muscle in man. Under normal. and pathological conditions. Brain. 1944; 67:178-257.

Whittaker V. P. The historical significance of work with electric organ. *Neurochemistry International* 14, nº 3 (1989):275.

Williams H. S. The century's progress in scientific medicine. *Harper's Magazine*, junio, 1899:54.

Zaragoza Rubira J. R. Esquema histórico de la electroterapia española del siglo XVIII. *Actas I Congreso Nacional de Historia de la Medicina*. Madrid, 1963. 181-184.

Zelle C. Experiment, Experience and Observation in Eighteenth-Century Anthropology and Psychology-the Examples of Krüger's *Experimentalseelenlehre* and Moritz' *Erfahrungsseelenkunde*-. *Orbis Litterarum* 2, nº 56 (2001):93-105.

**Lección Inaugural del Curso Académico
2022-2023
Campus de Ponferrada**

