



Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia

ISSN: 0120-6230

revista.ingenieria@udea.edu.co

Universidad de Antioquia

Colombia

Poveda Ramos, Gabriel

La electricidad antes de Faraday. Parte 1

Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, núm. 30, diciembre, 2003, pp. 130-147

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43003013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La electricidad antes de Faraday. Parte 1

*Gabriel Poveda Ramos**

(Recibido el 30 de mayo de 2002. Aceptado el de 5 de septiembre de 2003)

Resumen

Este documento es una monografía sobre el surgimiento y el desarrollo de la ciencia de la electricidad desde la remota antigüedad hasta la época de Michael Faraday, a comienzos del siglo XIX. Está escrito con el propósito de reunirlo con otro que el autor ya escribió sobre la historia del magnetismo durante el mismo período.

----- *Palabras clave:* electricidad, historia; Thales de Mileto; Gilbert, William; Franklin, Benjamín; Volta, Alessandro; electrostática; triboelectricidad.

The electricity before Faraday

Abstract

This document is a paper describing the appearance and development of the electrical science since the early human history until the times of Michael Faraday at the beginning of nineteenth century. It is written with the purpose of adding it to another paper already written by the author on the history of magnetism in the same period.

----- *Key words:* electricity, history; Thales of Miletus; Gilbert, William; Franklin, Benjamín; Volta, Alessandro; electrostatics; triboelectricity.

* Ingeniero Químico. Ingeniero Electricista. Doctor en Ingeniería. Profesor Emérito. Escuela de Formación Avanzada. Universidad Pontificia Bolivariana. mgt@logos.upb.edu.co.

Introducción

Entre las escuelas o facultades universitarias que hay en Colombia para la carrera de Física, solo unas pocas incluyen algún curso breve de Historia de la Física. En tales cursos se omite casi del todo la historia de la electricidad antes de Oerstedt y Faraday, a no ser alguna mención a las muy antiguas y muy escasas observaciones de Thales de Mileto sobre la electrización del ámbar por frotamiento y, a lo sumo una breve alusión al trabajo de Gilbert y al de Franklin. Lo mismo sucede en otros países latinoamericanos que el autor ha visitado. Y este desconocimiento se ve en las bibliotecas universitarias de nuestro país y de otros numerosos países. En cuanto a la enseñanza superior de la ingeniería eléctrica puede decirse que ninguna escuela de esta profesión, al menos en América Latina, da una enseñanza amplia y profunda sobre las ciencias de la electricidad y del magnetismo en los siglos anteriores al año 1800. La bibliografía existente en las bibliotecas colombianas es sumamente escasa y refleja bien lo que se acaba de decir.

Este breve artículo se ha escrito por tres razones:

1. Para presentar de manera unificada y coherente el escaso conocimiento sobre la historia antigua de la electricidad que el autor ha encontrado —parco, disperso y poco difundido— después de consultar en numerosas bibliotecas de Colombia y otros países y en muchísimos sitios de Internet, durante varios años.
2. Porque la electricidad transformó el mundo durante los siglos XIX y XX, pero una parte importante de sus fenómenos —llamada la electrostática y también triboelectricidad— entró a la ciencia de Occidente desde el siglo XVI.
3. Para hacer este modesto pero necesario aporte al conocimiento de la historia de la ciencia, conocimiento que en este tema es bastante somero, aún en medios científicos cultos.

Este trabajo complementa otro del mismo autor sobre la historia del magnetismo antes de Faraday,

y ambos están escritos de manera que algún día puedan ser unificados y constituidos como principio de una más completa historia de la electricidad y de la ingeniería eléctrica en Colombia.

La electricidad en la naturaleza

Hace dos, tres o cuatro millones de años las primeras especies del género *Homo* recorrían África, caminando sobre sus dos piernas y tratando de sobrevivir en medios y ambientes que esos “hombres” apenas sí entendían. Hace 120 mil años ya solo existía la especie *Homo sapiens* (quizás conviviendo con el *Homo neanderthalensis*). Aquella tenía un cerebro mucho más grande y más completo y con él empezaba a percibir conscientemente el mundo que le rodeaba. En ese mundo que le rodeaba, el hombre conoció con temor el fenómeno del rayo en la atmósfera, el que destruía árboles y animales, y que en muchas ocasiones ponía fuego a la vegetación y a los bosques. Hoy se acepta, como es bien sabido, que esa fue la fuente en donde el hombre paleolítico descubrió la llama y el fuego y que fue de allí de donde nuestros remotos antepasados tomaron las primeras muestras de fuego para llevarlas a sus cavernas para defenderse de las fieras, de la oscuridad, del hambre y del frío. Aparte del rayo, la naturaleza no le presentaba a aquellos hombres ningún otro fenómeno eléctrico perceptible por sus sentidos, en la época cuando ellos limitaron sus andanzas de nómadas a la franja intertropical del mundo y a las zonas templadas. Porque cuando llegaron a la zona del círculo polar ártico allí encontraron otro imponente fenómeno meteorológico de naturaleza eléctrica, que fue la aurora boreal. Pero para esos hombres primitivos el rayo y la aurora boreal eran fenómenos naturales “espontáneos” y ocasionales para los cuales no había un entendimiento racional ni era necesario buscarlo. Esos antecesores nuestros seguramente los contemplaban con admiración, con temor y con miedo; y los tomaban como signos de furia o de magia procedentes de algún dios muy poderoso. Por

eso la mitología griega asoció a Zeus¹, el más grande y poderoso de sus dioses, con el rayo y el consecuente trueno, y le atribuyó el poder sobrenatural de lanzar rayos sobre la tierra. El gran dios Odín en las sagas de los vikingos y el dios Thor en las leyendas germánicas aparecen con frecuencia asociados al poder de destruir a sus enemigos y los peligros con la fulminación del rayo.

Indicios en el pasado remoto

Señalan algunas fuentes, que se han encontrado en las excavaciones de ruinas de culturas muy antiguas, indicios que sugieren que ya en épocas muy remotas los hombres aprendieron a sortear los peligros que los rayos implicaban e implican para sus vidas y para sus construcciones. Se dice en un documento de Internet² que se han encontrado, en ruinas mesopotámicas, indicios claros de pararrayos que datan del año 2200 a. C. El mismo documento agrega que en las excavaciones hechas en la antigua ciudad egipcia de Tebas se han encontrado trazas de pararrayos que datan de 1300 a. C.; y que en documentos egipcios posteriores, del 1170 a.C., se mencionan barras metálicas con puntas doradas instaladas por el faraón Ramsés III que se encontraron en el sitio de Medinet-Abu, y que muy probablemente cumplían funciones de pararrayos³.

Thales de Mileto (625-547 a. C.) y otros filósofos

Thales fue un filósofo que nació en la ciudad jónica de Mileto (que lo identifica), que viajó por varios países del mundo civilizado y conocido de entonces, y que finalmente se radicó en su ciudad natal. Su vasta erudición y su sabiduría le

merecieron que los griegos de edades posteriores lo incluyeran en la lista de los Siete Sabios de Grecia. Fue Thales quien consideró que el universo está constituido en última instancia por agua. Casi seguramente escribió varios libros pero ninguno de ellos ha llegado hasta nosotros y lo que hoy se sabe de su pensamiento y de sus hechos ha llegado al día de hoy por lo que de él dijeron o escribieron otros griegos que lo conocieron o que leyeron sus obras. Sabemos que en el año 624 a.C. observó que cuando un trozo de ámbar⁴ es frotado con una tela de lana, ese trozo adquiere la propiedad de atraer y adherir sobre sí pequeños fragmentos de papel, fibras de lana, briznas de madera o cabellos. Se puede aseverar que fue Thales quien primero descubrió y describió un fenómeno de lo que hoy llamamos la electrostática, aunque es altamente probable que antes de él, otras personas hubieran hecho casualmente la misma observación pero sin darle importancia. Ni el mismo filósofo parece haberle dado una gran importancia a este fenómeno, pues no elaboró ningún intento por explicarlo ni ninguna teoría para darle un sustento racional.⁵ No se sabe hoy si Thales descubrió por sí mismo estos fenómenos o si los oyó de sacerdotes. Hoy en día el fenómeno de la electrización por frotamiento puede repetirse con suma facilidad y el conjunto de sus modalidades y aplicaciones constituye una rama de la ciencia eléctrica que se llama la triboelectricidad.

El discípulo de Aristóteles (384-322 a. C.) que fue su continuador en la dirección del Lyceo que fundó este gran filósofo, fue el naturalista Theofrasto (371 -264 a. C.) quien estudió y escribió sobre plantas, animales, la atmósfera, los minerales y la tierra. En uno de sus escritos del año 350 a. C., Theofrasto describe la propiedad

1 Más conocido en nuestro medio como Júpiter, porque así lo llamaron los romanos.

2 <http://www2.enel.it> Los documentos de Internet se describen aquí, en las referencias de pie de página, con las primeras palabras que sean necesarias y suficientes para localizarlos en la bibliografía electrónica que se presenta al final. Allí se da su referencia completa, y allí están enumerados en orden alfabético. Por lo demás, cada referencia bibliográfica que se da en este escrito será para indicar la fuente de donde se tomó la información que se marque con dicha referencia.

3 <http://www2.enel.it>

4 El ámbar es una resina fosilizada de árboles de hace miles de años. Abunda en las costas alemanas y polacas del mar Báltico. Ya en tiempos de Thales se le apreciaba como piedra semipreciosa.

5 www2.enel.it.

que tiene el mineral de la turmalina de que cuando se le calienta, ella adquiere también la capacidad de atraer y adherir pequeños objetos,⁶ como lo hace el ámbar frotado. Esta es la primera referencia escrita que hoy se tiene respecto a la electrización del ámbar. Por esta última observación es posible imaginar que Theophrasto pensó —en parte de manera correcta— que se trataba de un mismo fenómeno. Sin embargo hoy se sabe que uno y otro hecho son de naturaleza diferente: el de la turmalina es un fenómeno termoeléctrico y el del ámbar es un fenómeno triboeléctrico.

En uno de sus siete libros sobre las ciencias naturales, en el año 50 d.C., el filósofo cordobés Lucio Anneo Séneca (4 a. C.-65 d. C.), radicado en Roma, habla sobre el fenómeno atmosférico del rayo; hace una distinción sobre los efectos que producen estas descargas; y anota que hay tres tipos de rayos: “el rayo que incendia, el que destruye y el que no destruye”. Además, Séneca emitió la hipótesis de que las nubes más pesadas en lo alto de la atmósfera caían sobre las que estaban más abajo, y que la compresión entre las nubes creaba un calor tan fuerte que producía el relámpago, el rayo y el trueno.⁷

Posteriormente autores griegos y romanos aludieron tanto a las propiedades eléctricas del ámbar como a las propiedades magnéticas de la piedra-imán (la magnetita). Así lo hizo, entre otros, Plinio el Mayor (23-79 d.C.), el naturalista romano que murió prematuramente en la costa de Retina, no lejos de Pompeya, durante la famosa erupción del Vesubio. Él se refirió al poder atractivo del ámbar varias veces en su libro *Historia Natural*. Allí aseveró que los etruscos, hacia el año 600 a. C., tenían la capacidad de arrancar rayos de las nubes y de desviarlos a un lado u otro. Otros autores clásicos nos enseñan que el Templo de Salomón en Jerusalén puede haber estado protegido de los rayos por numerosas puntas

agudas de metal que cubrían el techo y que estaban conectadas a cavernas en una colina por medio de tubos. Del templo de Juno se dice que estaba protegido de la misma manera. Lucrecio, el poeta latino y autor de *De Rerum Natura*, notó la aptitud de la piedra-imán de atraer varios anillos de hierro, uno adherido a otro, y se maravillaba del comportamiento peculiar de las limaduras de hierro en un cuenco de latón cuando se movía un imán debajo de aquél.

El escritor y tratadista romano Cayo Cecilio Segundo (62 d. C.-113 d. C.) es más conocido hoy como Plinio el Joven, en el año 100 d. C., habla del mineral llamado calamita (hoy mejor conocido como hemimorfita) y de su propiedad de que al calentarla se electriza fuertemente; y, leyendo con cuidado sus comentarios, parece que la confunde con la propiedad que Thales había observado varios siglos atrás en el ámbar.

A lo largo de los siglos transcurridos desde Thales hasta el comienzo de nuestra era cristiana, muy poco más se encuentra en la literatura culta sobre fenómenos eléctricos. Y después de Cristo, es necesario esperar hasta el año 530 d. C. para encontrar nuevas referencias a fenómenos eléctricos, aunque sean meramente episódicos y sin ningún grado de comprensión científica, ni siquiera intuitiva o empírica. En el año mencionado el filósofo bizantino, neoplatónico, Damaskios refiere que el emperador romano Lucio Septimio Severo, frotando el pelo de su caballo le sacaba chispas, atribuyendo este fenómeno tal vez a la naturaleza divina del emperador.⁸

Fracastoro y Cardano

Hacia mediados del siglo XV un anónimo hombre de ciencia afirmó que “en un siglo hemos asistido a un progreso entre los hombres de ciencia más grande que el que han visto nuestros antecesores en el curso de catorce siglos”. Esta

6 www.isd19.

7 <http://galileo>.

8 www2.enel.it.

afirmación podía ser cierta en lo que se refería a la astronomía, la matemática y a otras pocas disciplinas. Pero mal podría aplicarse al escaso saber sobre la electricidad que venía de la antigüedad, que casi se perdió en los mil años del medioevo y que en el milenio referido no hizo ni el más leve progreso. Sin embargo, hay que mencionar que a comienzos del siglo XVI un científico italiano, Girolamo Fracastoro (1483-1553), se interesó por los fenómenos de la electricidad por frotamiento y construyó en ese plan un pequeño instrumento para detectarla, consistente en una aguja muy pequeña y sumamente liviana, horizontalmente dispuesta, girable sobre un eje vertical que la soportaba y que, acercándola a un cuerpo electrizado, se orientaba hacia él. Era un predecesor de lo que Gilbert construiría después y que éste llamaría un “versorium”.⁹

En el mismo siglo XVI se da un nuevo paso correcto importante en nuestro campo científico. En efecto, en esa centuria vivía Girolamo Cardano (1501-1576) quien era médico, mago, matemático, físico y “filósofo natural”, típico hombre de ciencia en la Italia renacentista de los años mil quinientos.¹⁰ En el año 1550, basándose en algunos experimentos propios sostuvo la idea novedosa y correcta de que existe una diferencia radical entre la atracción de un imán sobre las piezas de hierro que estén en su vecindad, y la atracción que el ámbar friccionado ejerce sobre otros objetos pequeños y livianos. Cardano escribió:

La diferencia entre los cuerpos magnéticos y los cuerpos eléctricos es esta: todos los cuerpos magnéticos se atraen con fuerza recíproca; en cambio los cuerpos eléctricos atraen solamente en su propia dirección y el cuerpo atraído gravita sobre el cuerpo eléctrico.¹¹

Hacia veinte siglos que nadie aportaba nada sustantivo al entendimiento de los fenómenos eléctricos.

9 Bonera

10 Cardano fue uno de los dos inventores de la solución de la ecuación algebraica de tercer grado, al lado de su compatriota Nicolo Tartaglia.

11 Bonera.

12 Sobre lo que trata el libro de Gilbert en materia de magnetismo, puede consultarse el artículo “El Magnetismo antes de Faraday y su incorporación en Colombia”, del mismo autor de éste.

13 Peters.

14 Poveda.

Gilbert (Colchester 1544-Londres 1603)

William Gilbert, médico de la reina Elizabeth I, publicó en 1600 su obra magna *De Magnete, Magneticisque corporibus et de Magno Magnete Tellure; Physiologia Nova, Pluribus Argumenta et Experimenta Demonstrata*. En ella Gilbert trata sobre el magnetismo (en su mayor parte) y sobre lo poco de electricidad que se conocía en su tiempo, pero haciéndolo acertadamente como dos fenomenologías nítidamente diferentes y como dos campos de saber que son distintos el uno del otro. Este libro fue el resultado de diecisiete o dieciocho años de estudio y de experimentación sobre imanes y sobre cuerpos electrizados.¹² De los dos tomos que forman el libro, el segundo está dedicado exclusivamente a los fenómenos eléctricos. De hecho, fue la primera obra impresa, en toda la historia de la ciencia, que fuera dedicada a los temas de la electricidad. Otras dos ediciones póstumas fueron publicadas en 1628 y en 1633 en Stettin (Alemania).

Gilbert atribuía la electrización de un cuerpo a que se le remueve un fluido o “humor” que entonces deja un “efluvio” o “atmósfera” alrededor del cuerpo. Si cambiamos la palabra “efluvio” por “carga”, y “atmósfera” por “campo eléctrico” veremos que iba en la dirección correcta¹³. Se suele decir que con Gilbert termina la época descriptiva de los fenómenos electrostáticos y comienza la de la electrofísica, en la cual se van a realizar los descubrimientos fundamentales de la electricidad.

Los principales puntos de que trata Gilbert referentes a la electricidad se refieren a los hechos siguientes:¹⁴

- Que además del ámbar, muchas otras sustancias sólidas se electrizan al frotarlas con

un trozo de tela de seda o de lana. Así ocurre con el vidrio, el nácar, el azufre y el diamante.

- Gilbert inventa la palabra latina “electricum” para referirse a estos fenómenos, basándose en la palabra griega “elektron” que significa ámbar. Del latín la palabra mencionada pasó a los otros idiomas europeos casi sin modificaciones, y andando el tiempo pasaría casi sin cambios a todos los idiomas del mundo junto con sus derivadas “electricidad”, “electrizar”, etc.
- Señala Gilbert que hay cuerpos electrificables por frotamiento como lo es el ámbar (a los cuales llama “eléctricos”), y cuerpos no electrificables en dicha forma como lo es el cuero y a los cuales llama “no-eléctricos”.
- Insiste en las diferencias muy fundamentales entre fuerzas electrostáticas y fuerzas magnéticas.
- Advierte que la electricidad estática se disipa fácilmente en el aire húmedo y que dura mucho más tiempo en el aire seco; y que, por el contrario, la humedad del aire no afecta al magnetismo de los imanes.
- Señala que también pueden electrificarse varios cuerpos acerca de los cuales antes no se sabía que lo hicieran tales como los metales, algunos líquidos y aun el humo.
- Afirma que las atracciones electrostáticas entre dos cuerpos se ejercen directamente del uno al otro a través del espacio y sin intervención del aire intermedio.
- Enseña que el calentamiento disipa el poder atractivo de los cuerpos cargados de electricidad.
- Anota que la atracción electrostática resulta muy mermada por cuerpos que sean interpuestos como el papel, la madera, el vidrio, el agua y otros.

- Señala que hay atracciones electrostáticas (en unos casos) pero que también hay repulsiones entre cuerpos cargados (en otros casos).

No hay duda de que el libro de Gilbert es el primer gran tratado sobre la electricidad como ciencia y como teoría. Junto con su libro Gilbert presentó un sencillo aparato que él llamó “versorium” y que consistía en una aguja puntuda, horizontal, que cuando se electrificaba, se orientaba en la dirección de cualquier otro cuerpo cargado que estuviera en su vecindad. Hoy llamaríamos a este sencillo aparato con el nombre de electroscopio.

Dice Gilbert que Plutarco el filósofo, en sus *Cuestiones Platónicas* afirma que en el ámbar hay un no sé qué de flamígero, que tiene la naturaleza de un espíritu y que cuando las vías de salida se le abren mediante el frotamiento, sale y atrae los cuerpos. Hay aquí, por supuesto, mucho de imaginación y muy poco de ciencia. Y el mismo Gilbert agrega su propia opinión sobre la atracción eléctrica, que atribuye a un cuerpo material emanado de los cuerpos electrificados:

En conclusión, los corpúsculos son transportados sobre los cuerpos mismos electrificados; las energías provienen de los efluvios que son propios y particulares de los cuerpos electrificados, distintos del aire común (...), excitados por el movimiento y por la fricción que genera calor y son similares a los rayos materiales que atraen y que elevan las briznas (de papel), mientras no se extingan, y tan pronto los corpúsculos queden libres de nuevo, caerán de inmediato atraídos por la tierra misma.

Es decir que para Gilbert las partículas del fluido eléctrico, que emanan del cuerpo electrificado, rodean al cuerpo que encuentran y lo transportan (mientras tengan energía) a la fuente de la cual son emitidos. Además, él admite, por primera vez, una diferencia sustancial entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos, y que consiste en que los cuerpos magnéticos se atraen mutuamente, mientras que los cuerpos eléctricos solamente atraen

hacia ellos a los cuerpos vecinos (pero no éstos a los eléctricos).

Galileo y la Academia del Cimento

Galileo (1564-1642) no se ocupó directamente de la electricidad. Sin embargo, refiriéndose al fenómeno de la atracción eléctrica escribió:

El ámbar, el diamante, las otras joyas y materias muy densas, cuando son calentadas (por frotamiento), atraen los corpúsculos livianos, y esto ocurre porque al enfriarse atraen el aire y éste produce viento sobre los corpúsculos; y quizá de manera parecida, de las regiones calentadas, al enfriarse, se originan vientos en las áreas circunvecinas.

En contraste con Galileo, la Academia del Cimento en Italia, realizó importantes investigaciones sobre los materiales electrificables. Sus miembros enriquecieron la lista de tales materiales y observaron que, al contrario de lo que dijo Gilbert, también la atracción eléctrica es recíproca (como la magnética), es decir, que las pequeñas briznas que son atraídas a un cuerpo, pueden atraerlo, si éste está libre para moverse. Así lo escribieron:

Colgando el ámbar de un hilo pendiente en el aire, o poniéndolo como fulcro a la manera de aguja magnética, cuando a aquél se le fricciona y se calienta, se orienta hacia aquellos cuerpos que están a distancias no muy grandes, y los sigue en sus movimientos.

Esta observación es sumamente interesante porque fue anterior en muchos años al principio newtoniano de acción y reacción.

Dos brillantes electricistas jesuitas

El siglo XVII es el gran siglo de la Revolución Científica, cuando aparecen Galileo, Newton, Descartes, Huygens, Pascal, Vesalius y otros

grandes de los que fundaron la ciencia de Europa y de Occidente. Uno de ellos (aunque no de la misma talla) fue Niccolò Cabeo (1586-1650), quien nació en la ciudad italiana Ferrara. Dedicó su vida al servicio religioso como sacerdote jesuita y al estudio de la ciencia física (o “filosofía natural”, como se decía en ese tiempo), particularmente a la entonces “enigmática” ciencia de la electricidad. Aquí sus experimentos le permitieron descubrir en 1629 el fenómeno de la repulsión eléctrica entre cargas del mismo signo,¹⁵ preanunciando así una parte de los descubrimientos que Du Fay realizaría posteriormente.

Otro jesuita de la ciudad de Brescia, Francesco Lana Terzi (1631-1687) ideó un aparato de laboratorio que permitía mostrar más fácilmente las acciones electrostáticas y que por eso es usualmente presentado como precursor de la balanza de torsión que después usarían Cavendish, Priestley y Coulomb para medir fuerzas entre cargas eléctricas.¹⁶

Von Guericke

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 podía pasarse parte de su carga a otros cuerpos. Nadie sabía electrizar un cuerpo de manera fuerte y rápida hasta que Otto von Guericke (Magdeburgo, 1602-Hamburgo, 1686) inventó su máquina, electrostática, la primera en la historia de esta ciencia.

Von Guericke se formó como ingeniero militar y luego llegó a ser alcalde de su ciudad natal. En tal condición se dedicó también al estudio de la Naturaleza y por eso en 1657 realizó el famoso experimento “de los hemisferios de Magdeburgo” en el cual unió dos hemisferios de bronce, extrajo con una bomba el aire de la esfera así forma-

15 www.bibliotecavigano.com.

16 www.bibliotecavigano.com.

da, unió cuatro caballos a cada hemisferio y luego puso a los caballos a tirar ambos hemisferios en direcciones contrarias sin lograr separarlos debido a que la presión atmosférica exterior y el vacío interior los mantenían fuertemente unidos. Pero lo que interesa en este caso es otro gran invento de Guericke: su máquina generadora de electricidad estática por frotamiento, la que inventó en 1663, después del experimento de los hemisferios. Esta máquina consistía en un armazón de madera que soportaba una esfera de azufre “del tamaño de la cabeza de un niño”, que podía girar sobre un eje diametral, y que era impulsada por una rueda grande y provista de manivela. Esta rueda también estaba sostenida por el armazón; era de madera; era movida por la manivela; y estaba conectada a una polea en el eje de la esfera de azufre, por una cuerda transmisora y multiplicadora de la rotación. Accionando la manivela se ponían a girar la rueda mayor, la polea y la esfera, con velocidad angular acelerada. Ya en estado de rotación rápida, poniendo una mano seca y áspera sobre la esfera de azufre, la frotación producía en la esfera una electrificación fuerte. Es curioso que su inventor no construyó esta máquina con el propósito de producir electrificación, y sólo quería “dar una demostración de la energía cósmica”.¹⁷ De todas maneras Von Guericke hizo con su máquina varias observaciones eléctricas, aunque sin darles importancia. Y aunque él no se hubiera propuesto hacerlo así, el alcalde de Magdeburgo dio a los laboratorios de Europa la primera máquina electrostática para que la electricidad pasara de ser un fenómeno curioso “de pequeña escala” y un poco casual, a ser una fuerza producible cuando se quisiera y de “mayor escala”. Esta máquina pudo producir por primera vez grandes y largas chispas eléctricas destellantes y sonoras. Su inventor las notó, como también advirtió el olor que se esparce en el aire cuando saltan esas chispas con gran ruido; y como notó que cuando la esfera de azufre se electriza se siente una

sensación de cosquilleo cuando alguna parte del cuerpo humano se acerca a la esfera. Dice Meyer (ver bibliografía) que hay razones para creer que Von Guericke pudo transmitir la electricidad de su máquina a varios pies de distancia a lo largo de un cordel. Muy pronto esta sencilla pero eficaz máquina fue replicada en todos los laboratorios de física de Europa. Fue con la máquina de Guericke en su modelo original como los dos grandes teóricos de la primera mitad del siglo XVII, Stephen Gray y Charles-François de Cisternay Du Fay, realizaron sus estudios. Eran tan poderosa esta máquina que su inventor escribió: “este globo de azufre, previamente excitado por la fricción, puede ejercer su virtud aun a través de un hilo de lino de una vara de largo, o aún más, y atraer en el extremo algunos objetos”.

Ya antes Von Guericke había publicado su libro *Experimenta Nova (et vocantur) Magdebúrgica de Vacuo Spatio* (Amsterdam, 1672). Allí trató el tema de la presión atmosférica y presentó la bomba neumática que él inventó y con la que evacuó los dos hemisferios; y además trató de la transferencia de cargas eléctricas, de la repulsión electrostática y del poder dispersivo de las puntas¹⁸. Fue en conexión con los estudios del siglo XVII sobre la “filosofía magnética” y con la introducción de la máquina generadora electrostática en la experimentación científica como se comenzó a establecer el estudio metódico de la electricidad.

Hawksbee

El astrónomo francés Jean Picard observó en 1675 que cuando un barómetro de mercurio, como el que inventó Torricelli en 1643 era agitado en la oscuridad, aparecían destellos de luz en el espacio vacío que está encima del mercurio. Esto impresionó mucho a Francis Hawksbee¹⁹ (1668-1713) en Inglaterra. Por eso fue el primer científico en dedicarse sistemáticamente a investigaciones experimentales sobre los fenómenos

17 www2.enel.it

18 www.bibliotecavigano

19 Esta es la ortografía más usada para este apellido en la literatura en inglés. También se acepta y usa Hauksbee.

eléctricos y fue fabricante de instrumentos y especialista en bombas neumáticas, encargado de hacer los experimentos en la Royal Society en Londres. Mediante una serie de experimentos, realizados especialmente sobre lo que él llamó “fósforo mercurial”, que a veces emitía luz desde el vacío torricelliano cuando se agitaba un barómetro en la oscuridad, como lo había hecho Picard, concluyó que era el fricciónamiento y no el mercurio la causa eficiente de la luminiscencia.

Estos fenómenos también ocurrían en recipientes de vidrio, sin mercurio, simplemente por fricciónar su superficie exterior, y también en un globo de vidrio evacuado de aire al acercarlo a otro globo que hubiera sido ya electrificado por fricción. Hawksbee recogió y presentó sus aparatos y sus experimentos en el libro, que publicó en 1709, titulado *Physico-mechanical Experiments on several Subjects containing a Description of diverse marvelous Phenomena concerning the Light and the Electricity being able to be produced by Friction of the Bodies with several other notable Appearances not observed before. With Explanations of all the Apparatuses*.²⁰ También encontró que un globo electrificado podía excitar luz en otro globo, cuando se le colocaba por dentro o por fuera del primero. Y más aún, que “(un tubo de vidrio friccionado fuertemente) puesto cerca al rostro o alguna otra parte sensible del cuerpo, podía ser sentido fuertemente, como si la parte fuera atraída por las puntas de un gran número de pequeños pelillos”.

Las máquinas electrostáticas

El invento de Guericke de su máquina electrostática fue un enorme paso adelante en el estudio de la electricidad. Era una necesidad tan sentida por los científicos de su tiempo que tan pronto como éstos supieron del invento del alcalde de Magdeburgo, se dedicaron a reproducirlo, a usarlo y a mejorarlo. Es bien sabido hoy que las má-

quinas electrostáticas están basadas en el principio de que friccionando un cuerpo de material aislante, cambia el equilibrio eléctrico de los átomos de ese material y éste se electriza.

Uno de los usuarios que recibieron este invento con mayor entusiasmo fue Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) quien se entregó a experimentar con él y a repetir el trabajo de Guericke con su máquina.

En 1706, o en un año cercano, Francis Hawksbee mejoró la máquina de Guericke y construyó una más eficaz para la Royal Society: reemplazó la bola de azufre por una esfera de vidrio con manivela. Y como Hawksbee era un admirador y seguidor de Boyle, construyó un modelo de la máquina de vacío que Boyle y Hooke habían inventado para trabajar bajo una campana de vidrio, al vacío, y pudo así hacer los primeros estudios sobre la descarga eléctrica en aire a bajas presiones.

En los años mil setecientos cuarenta aparecieron máquinas electrostáticas de cilindro giratorio, que gradualmente fueron reemplazando las máquinas de globo giratorio. Esas máquinas tenían un conductor o colector “primario” de cargas generadas, que eran recogidas a través de varias puntas colocadas en dicho colector. Las puntas estaban dirigidas al cilindro rotatorio y absorbían las cargas que se iban acumulando en el mismo y así se aceleraba la electrización del conductor o colector “primario”. La principal ventaja del generador de cilindro sobre el generador de globo era su aptitud de producir una carga homogénea en todo el cilindro y de transferir esa carga más uniformemente al cuerpo principal que se trataba de electrizar. La principal desventaja de los generadores de globo y de cilindro es que a medida que eran friccionados, el aire contenido en su interior se expandía y eventualmente podría ocurrir que el globo o el cilindro explotaba, hiriendo al operador y a los

20 www.bibliotecavigano.

espectadores. Por eso durante los siguientes diez a quince años apareció el generador de discos.²¹

Nadie menos que Sir Isaac Newton se interesó en las máquinas electrostáticas y experimentó con ellas, y según Meyer, se acredita a él la construcción de una nueva máquina dotada de un globo de vidrio, en el año de 1675. Se sabe que en Ehrfurt, Alemania, un monje escocés, Andreas Gordon (1712-1750), construyó una máquina usando un cilindro de vidrio en lugar del antes común globo de vidrio, y que con ella realizó numerosos experimentos de electrostática.

Robert Boyle y René Descartes

Robert Boyle (1627-1691) mostró experimentalmente, en 1676, que el ámbar, electrizado o no, retenía sus propiedades dentro de una campana de vidrio después de extraerle el aire y concluyó por eso que el aire no era fuente de la atracción eléctrica ni barrera para ella. Además Boyle agregó algunas sustancias a la lista de Gilbert de las que podían electrificarse, y encontró que las atracciones entre cuerpos electrificados y cuerpos no electrificados eran mutuas. En 1675 Boyle publicó en Londres otra de las primeras obras impresas dedicadas expresamente a la electricidad, junto con otros once tratados científicos, de los cuales uno fue dedicado al magnetismo.

También otro científico inglés, el Dr. Samuel William Wall (m. 1710?), publicó en 1708 sus observaciones sobre las chispas y los chasquidos que son emitidos por cuerpos electrificados, y los cuales Wall comparó con el rayo y el trueno.

René Descartes (1596-1650), uno de los grandes cerebros que en el siglo XVII impulsaron la Revolución Científica, casi nada aportó al entendimiento científico de la electricidad, y se limitó a atribuir las atracciones magnéticas y eléctricas a un “primer elemento sumamente tenue”. Lo dice así:

De donde ocurre que si el vidrio se fricciona bastante energéticamente, se calienta un poco; las

mismas partículas expulsadas por ese movimiento, se esparcen en el aire vecino y se embocan en los poros de los otros cuerpos vecinos. Pero puesto que allí no hallan paso fácil, retornan de inmediato al vidrio y transportan consigo los cuerpos más pequeños en cuyos meatos ellos se han atrancado.

Los primeros electroscopios

El detector de electricidad más simple y más sensible que se inventó en aquellos años es un delgado hilo vertical de algodón de cinco a diez centímetros de largo, suspendido de modo que se pueda mover a un lado y otro, libremente, estando aislado del techo y del suelo y sosteniendo en su extremo libre inferior una bolilla de madera. Stephen Gray fue el primero en notar que el ángulo que el hilo hace con la vertical aumentaba con la cantidad de electricidad almacenada en la bola de madera que está cargada. En 1734 el abate Jean Antoine Nollet hizo una versión de electrómetro con dos hilos, colgando uno al lado del otro, y sosteniendo sendas bolillas. Cuando un cuerpo electrificado se les aproxima, los dos hilos y las dos bolas se cargan de una misma electricidad, se rechazan y hacen un ángulo que es tanto mayor cuanto mayor es la carga de los hilos. En 1753, en Inglaterra, John Canton (1712-1772) colocó bolitas de corcho o de resina en el extremo inferior de los hilos. William Henly (?-1779), en 1770, construyó un electrómetro de cuadrante en donde el hilo era reemplazado por una varilla muy delgada y muy liviana cargada en su extremo inferior libre con una bola de corcho. Pero los mejores de los electrómetros fueron el del italiano Tiberio Cavallo (1749-1809), con finos hilos de plata que sostienen piezas cónicas de corcho (1777); el electrómetro de condensador de Alejandro Volta (1780); y el famoso electrómetro de panes de oro que Abraham Bennet (1750-1799) inventó en 1789. Bennet fue capaz de detectar cargas tan débiles generadas por rozamiento como las que se forman por la simple evaporación del agua. El electroscopio de panes de oro de Bennet era un instrumento sen-

21 www.isd196.

cillo pero sumamente fino y muy útil para detectar y probar pequeñas cargas eléctricas. Consiste en una pequeña placa horizontal de metal, tapando la boca de un frasco, y de la cual penden dos hojillas muy delgadas de oro que cuando se electrizan se repelen mutuamente, se separan y se abren en un ángulo que es tanto más amplio cuanto mayor sea la carga eléctrica. Para proteger las hojillas de las corrientes de aire, todo el aparato está cerrado en una esfera de vidrio o en una caja cilíndrica con ventanas de vidrio a cada lado.

Stephen Gray (Canterbury, 1666-Londres, 1736)

Este físico nació en Canterbury en 1666, y era hijo de un tintorero. Desde antes de 1728 comenzó una serie de experimentos eléctricos con muy poco equipo. En 1729 descubrió que la carga de un cuerpo electrizado puede trasladarse de este cuerpo a otro, usando algunos materiales para ponerlos en contacto, pero que ello no era posible con otros materiales. Entre los primeros encontró los metales y entre los segundos encontró el vidrio, la seda y otros varios. Enunció estos hechos en 1729 pero solo en 1740 el físico francés Jean Théophile Desaguliers (1683-1744) acuñó los términos de “conductor” para los primeros y de “aislador” para los segundos. Además, Desaguliers descubrió que los primeros no se pueden electrizar por frotamiento, mientras que los segundos sí se prestan para ser electrizados de ese modo. Gray descubrió también la inducción electrostática, que consiste en que un material conductor puesto en un campo electrostático se electriza; así como descubrió que, en condiciones apropiadas, toda sustancia puede ser electrificada. A Gray se le debe también la primera prueba experimental de que una persona, manteniéndola aislada, puede ser electrizada y puede dar origen a chispas. Esta experiencia fue repetida en numerosos salones elegantes de la época. Debido a la importancia de sus descubri-

mientos, Gray fue elegido miembro de la Royal Society en 1732. Contradiendo una creencia general de su tiempo que Desaguliers creyó demostrar, Gray demostró que los cuerpos conductores, y en particular los metales, también pueden electrificarse friccionándolos con una felpa, a condición de mantenerlos aislados de la tierra y de otros cuerpos. En 1776 este gran científico hizo el primer prototipo de lo que hoy llamamos un cable eléctrico, tomando un alambre metálico y aislándolo con una envoltura de tela. Las investigaciones de Gray probaron que la electricidad no es similar al “fluido” de Gilbert, porque no pertenece ni depende de la sustancia que la contiene, por periodos largos.²² Casi treinta años antes de Franklin, Gray formuló la hipótesis de que los rayos atmosféricos son de naturaleza eléctrica. Ideó un experimento que fue muy celebrado, que consistió en suspender a un joven, horizontalmente, mediante dos cuerdas de seda atadas al techo. Cuando un tubo electrificado se situaba cerca a sus pies, su cara y sus manos extendidos atraían trozos de hojillas de metal, demostrando así la inducción electrostática. Este fue llamado “el experimento del muchacho volador”. Gray fue el primero en señalar la importancia de poner a tierra los cuerpos con que se trabaja al manejar los aparatos y al estudiar los fenómenos electrostáticos, por seguridad del experimentador.

Du Fay (1698-1739)

Mientras Gray trabajaba y descubría en Inglaterra, al otro lado del Canal de la Mancha, el investigador Charles Jérôme François de Cisternay Du Fay proseguía sus investigaciones sobre las propiedades eléctricas de muchos materiales y llegaba a la conclusión fundamental de que hay dos clases diferentes de electricidad, a las que él llamó “electricidad vítrea” y “electricidad resinosa” según el material que la manifieste al ser frotado.²³ Du Fay tenía el cargo de “Jardiner” del rey, que era un puesto más parecido al

22 <http://library.thinkquest>

23 La electricidad “vítrea” es la que hoy se llama “positiva” y la “resinosa” es la que se llama “negativa”.

de Secretario del Interior. Un día de 1698 observó que una lámina de oro que había sido electrificada por una pieza de vidrio frotada con seda, era rechazada por el mismo vidrio y era atraída por una sustancia electrizada resinosa: el copal²⁴, friccionado con una piel de gato. En seguida Du Fay encontró otras varias sustancias que se comportaban como el vidrio o como el copal cuando eran tocadas por la placa de oro electrificada. Por eso llamó a esos dos tipos de electricidad con los nombres de “vítrea”, la una y “resinosa”, la otra. Además en 1732, leyendo unos informes de Gray, señaló que dos objetos electrificados con una misma clase de electricidad, bien sea positiva o bien sea negativa, se repelen; y que dos objetos electrificados con cargas de tipos contrarios, se atraen. Durante los siglos XVIII y XIX este último enunciado fue identificado con el nombre de ley de Du Fay. A los dos tipos de electricidad los llamamos “positivos”, a la vítrea, y “negativa” a la resinosa. Du Fay aseveró que todos los cuerpos, a excepción (así al menos lo creía él) de los metales y de los cuerpos húmedos, son electrizables por fricción.

Du Fay fue pues el primer sostenedor (con acierto) de la teoría “de los dos fluidos” (o dualista), seguido luego por el abate francés Jean Antoine Nollet y más tarde por el inglés Robert Symmer. El iniciador de la teoría alternativa “de un fluido” o unitaria fue Franklin, seguido por Franz Ulrich Theodor Aepinus (1724-1802) y por Giambatista Beccaria (1716-1781). La historia y la ciencia dieron la razón a Du Fay.

Dos innovadores de las máquinas

Johann Heinrich Winkler (1703-1770) era un profesor de lenguas de la Universidad de Leipzig que, como ocurría con frecuencia en su tiempo, cultivaba y sobresalía en varias disciplinas. La “filosofía natural” era una de ellas. Tal era el

nombre que se daba entonces al estudio del mundo físico que hoy llamamos física. Siendo la electricidad uno de los temas de investigación más avanzados y de más interés en ese siglo XVIII, Winkler trabajó asiduamente en el laboratorio de su universidad en este campo. Su mayor logro lo consiguió en 1744 y consistió en diseñar y construir una nueva máquina electrostática para generar electricidad en forma de campos y chispas. Era una máquina con una esfera de vidrio que se mantenía en contacto con unas almohadillas de lana que ejercían fricción sobre el vidrio al hacer girar la esfera y así producían la electrificación. En el año siguiente (1745) hizo un importante anticipo teórico al mostrar la analogía entre el rayo en la atmósfera y la chispa eléctrica artificial. En 1746, en Inglaterra, el profesor Benjamín Wilson inventó un colector, para la máquina eléctrica de Winkler, para recoger las cargas generadas, de forma parecida a un peine.

En el mismo momento en que Winkler desarrollaba su máquina de almohadillas, y también en Alemania, otro científico, Georg Mathias Bose (1710-1761) le dio un nuevo mejoramiento a las máquinas electrostática agregándoles una barra metálica que actúa como un recolector de la electricidad que se genere en diversas partes de la máquina.

Ludolff

Un científico casi olvidado hoy fue el “filósofo natural” alemán Christian Ludolff (1707-1763). En 1743 hizo la observación muy importante de que la chispa eléctrica producida por una máquina electrostática o por un cuerpo cargado al descargarse, podía inflamar sustancias fuertemente volátiles como el éter sulfúrico. Poco después el abate J. A. Nollet encendió con una chispa eléctrica, el “gas inflamable metálico” como entonces era llamado el hidrógeno.²⁵

24 El copal es una resina natural, exudada por un árbol del mismo nombre que crece en las selvas de la Indias Orientales (Indonesia, Camboya, etc.).

25 Bonera.

Von Kleist

El primer condensador eléctrico (o capacitor como se le dice hoy) fue creado, independientemente el uno del otro, por dos estudiosos: uno era un aficionado a la investigación científica, y el otro era un profesor universitario. El primero fue Ewald Jürgen von Kleist (1700-1748), deán de la catedral de Kammin en Pomerania (Prusia), quien en el día 4 de octubre de 1745, tomó un frasco de vidrio y lo llenó parcialmente con puntillas, y observó que cuando las puntilla eran cargadas fuertemente desde una máquina electrostática, al tratar de tomar con la mano el exterior del frasco se recibía un fuerte choque eléctrico, después de lo cual las puntillas quedaban descargadas.²⁶ Von Kleist hizo varios experimentos con este dispositivo, y en una carta del 4 de noviembre de dicho año comunicó a un médico, amigo suyo, en Berlín, sobre su invento y sus variados experimentos. En esa carta, su autor interpretó correctamente la forma como trabajaba su artefacto, considerando que al electrizar una de las caras de la pared del frasco, la otra también se electrizaba “por influencia” y que el vidrio aislante intermedio permitía que se creara una fuerte tensión eléctrica entre el interior y el exterior del frasco, sin descargarse y que la combinación de los dos lados cargados (que hoy llamamos “electrodos”) y el vidrio aislante intermedio, actuaba como un almacenador de cargas eléctricas (o “condensador”, o “capacitor” como se dice hoy). Von Kleist informó inmediatamente su descubrimiento a otros varios científicos pero su informe no era muy detallado y éstos no pudieron repetir sus experimentos. Pero después de recibir mejores instrucciones, Daniel Gralath (1708-1767), alcalde de Dantzig, pudo hacerlo. No fue raro, pues, que largo tiempo después, el físico alemán Emil Du Bois-Reymond propusiera que este nuevo y sensacional aparato se llamara “Kleistflasche” o sea “frasco de Kleist”.²⁷

26 www.bibliotecavigano.com.

27 www.facmed.unam.mx.

28 www2.enel.it.

Van Musschenbroek

Nacido en una familia de gran tradición y aprestigiada como familia de constructores de instrumentos ópticos, náuticos y científicos, Pieter van Musschenbroek (Leyden, 1692- Leyden, 1761) estudió medicina y se graduó en la universidad de su ciudad natal en 1715, pero se dedicó a estudiar y a enseñar física y matemáticas. Después fue profesor en las universidades de Duisburg, Utrech y Leyden. Entre 1726 y 1731 publicó varias obras entre las cuales figura *Introductio ad philosophian naturalem* que contiene sus disertaciones sobre la electricidad que se conocía en la época. Este libro fue considerado como el más vasto tratado de física experimental de su tiempo, al punto de que Alejandro Volta lo adoptó años después como texto para sus clases de la materia en la Universidad de Pavia. En 1740 Musschenbroek regresó a vivir y a enseñar a Leyden, donde fue nombrado profesor de Filosofía Natural Experimental y era ayudado por el profesor Andreas Cunaeus (1712-1788). Los méritos científicos de Musschenbroek le merecieron el ser nombrado miembro de las academias de ciencias de Berlín, Londres, París, Montpellier, Estocolmo y San Petersburgo.²⁸

A finales de 1745 o a comienzos de 1746, Musschenbroek, ayudado por Cunaeus hizo un experimento análogo al que en esos días había realizado Von Kleist. Puso un matraz lleno de agua sobre una mesa; cargó el agua con una máquina electrostática; tomó el matraz con su mano y recibió una poderosa descarga. El matraz había servido como capacitor; Musschenbroek había servido como conductor a tierra, y el matraz se había descargado a través del cuerpo del experimentador.

Después de uno de estos experimentos el físico holandés escribió a su amigo René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) quien vivía en París:

Quiero contarte sobre un nuevo y aterrador experimento, pero te recomiendo que no lo efectúes tu mismo... Mandé colgar de dos cuerdas de seda un barril de pólvora, que fue electrificado frotando con la mano una bola de cristal que daba vueltas rápidamente. En el otro extremo coloqué un alambre de cobre sumergido en una botella de vidrio parcialmente llena de agua. Mantuve la botella en mi mano derecha y con la otra mano traté de sacar chispas del barril, pero bruscamente mi mano derecha fue sacudida violentamente y todo mi cuerpo fue sacudido como por la descarga de un arma de fuego. Mis brazos y todo mi cuerpo se sacudieron violentamente... de hecho, creí que había llegado el final de mi vida.²⁹

Lo que Musschenbroek había hecho fue descargar sobre su cuerpo y hacia la tierra la electricidad acumulada en la botella. Enseguida el físico holandés reportó su experimento a un colega francés, Jean Allemand (1713-1787), quien lo repitió con un vaso de cerveza y, según él mismo lo dijo, “la descarga me dejó sin aire durante varios minutos”. En una carta a un miembro de la Academie des Sciences de París Allemand expresó:

Me gustaría contarle acerca de un nuevo pero terrible experimento, que le recomiendo nunca tratar de intentar por usted y que yo tampoco lo haría otra vez, que lo experimenté y sobreviví por la gracia de Dios, (no lo haría de nuevo) ni por todo el reino de Francia.

A continuación Allemand enteró del reciente descubrimiento a su compatriota Nollet.

Cuando oyó hablar sobre el descubrimiento de Kleist y Musschenbroek, el abate francés Nollet (ver más abajo) bautizó a ese dispositivo con el nombre de la “botella de Leyden” y perfeccionó los experimentos reemplazando el agua y las puntillas con láminas de estaño, de cobre, de oro y de plata. John Bevis (1693-1771), un médico de Londres, cubrió el exterior de la botella con papel de estaño, y posteriormente William Watson (1715-1787), también en Inglaterra, desarrolló la

forma definitiva del instrumento recubriendo el exterior y el interior de la pared de vidrio del frasco con sendas láminas de un mismo metal y conectando la lámina interior a una bola de metal implantada en el tapón del frasco, que era hecho de corcho, de madera o de caucho, mediante una cadenita metálica. La botella de Leyden se convirtió de inmediato en un motivo de curiosidad y de maravilla en los laboratorios de ciencias y en los salones aristocráticos.

Uno de los científicos que primero supo de este nuevo aparato, Louis-Guillaume Le Monnier (1717-1799), profesor de botánica en París, quiso descubrir la velocidad de propagación de la electricidad. Para hacerlo descargó una botella de Leyden a través de una cadena de 140 personas de la corte en presencia del rey de Francia. En otro experimento se transmitió un choque eléctrico de una de tales botellas a dos y media millas de distancia a través de una cadena de personas que se enlazaban con alambres de hierro, y Le Monnier consideró que en ambos casos el tiempo que requería la electricidad para propagarse era nulo. En Inglaterra, Sir William Watson, junto con Henry Cavendish, el Dr. Bevis y otros hicieron experimentos similares. El día 5 de agosto de 1748, en Shooters Hill, cerca de Londres, establecieron un circuito de 12.276 pies, con regreso por la tierra, le descargaron una botella de Leyden y decidieron una vez más que la transmisión era instantánea.

El interés de los físicos por la electricidad se intensificó notablemente con el invento de la botella de Leyden, el cual permitió ya no solo generar cargas electrostáticas sino también almacenarlas y transportarlas a voluntad; y así, debido a ese interés renovado, se abrieron nuevos campos de experimentación. Por ejemplo, con la botella se demostró que una descarga de electricidad estática aplicada a un organismo animal produce violentas contracciones de los músculos ligados al esqueleto; y que el choque eléctrico en los humanos acelera el pulso y aumenta la actividad

29 www.facmed.unam

glandular. En general, los investigadores del siglo XVIII pudieron con este aparato tan sencillo y tan útil, hacer numerosos experimentos eléctricos con humanos y con animales.³⁰ La botella de Leyden fue la antecesora de todos los condensadores o capacitores eléctricos que han existido en el mundo de la electricidad.

Watson

En otro experimento el mismo Watson (1715-1787) observó que dos o más cuerpos cargados desigualmente con el mismo tipo de electricidad (vítreo o resinosa) tienden a equalizar sus cargas cuando son unidos entre ellos. Watson fue también el primero en aplicar los términos “más” y “menos” a las dos polaridades eléctricas. Por tanto él puede haber compartido la idea de Franklin de que había dos estados de electrización, debido al exceso o a la deficiencia de un mismo “fluido”. Watson fue el autor de varios libros sobre electricidad, uno de los cuales, publicado en 1746 y titulado *Nature and Properties of Electricity*, despertó en Franklin el interés por estos temas cuando lo leyó, al otro lado del Atlántico, en la ciudad de Filadelfia, Pensilvania, en donde Franklin vivía.

Progresos en las máquinas electrostáticas

Los avances teóricos de principios del siglo XVIII permitieron construir varios tipos diferentes de máquinas electrostáticas, pero que tenían los mismos componentes básicos: un mecanismo rotor de manivela y multiplicador de velocidad; una pieza giratoria (esfera, cilindro o placa circular); almohadillas que rozan sobre el anterior para producir la electrización; y un colector de cargas. De 1740 en adelante se hicieron muchas mejoras. Entre las versiones más conocidas de las máquinas están las de Jesse Ramsden (1735-1800) que fue la primera en operar con un disco vertical; la de Jean-Baptiste Leroy (1720-1800) que podía generar

electricidad positiva o electricidad negativa, según el propósito del operador (1771); la de Jan Ingenhousz (1730-1799), en 1746, dotada de un disco grueso de vidrio; la de Edward Nairne (1726-1806), con su cilindro de vidrio (1772); la de Martinus van Marum (1750-1837), que tiene un polo positivo y otro polo negativo (1776). Una de las más avanzadas fue la máquina de John Cuthbertson (1743-1821), máquina cuyos dos discos giratorios gemelos llegaron a tener un diámetro hasta de 165 centímetros.³¹

Nuevos perfeccionamientos se lograron en la instrumentación científica gracias a los aportes de diversos estudiosos y de artesanos en varios países de Europa. Entre éstos es indispensable mencionar nuevamente a los siguientes: el mismo Jesse Ramsden en Inglaterra; el físico y botánico holandés Jan Ingenhousz, quien fue el descubridor de la fotosíntesis clorofiliana; y Joseph-Aignan Sigaud de la Fond (1730-1810). Estos tres inventores, en la mitad de los mil setecientos (siglo XVIII), independientemente el uno del otro, pasaron del uso de un globo o de un cilindro en las máquinas electrostáticas a un disco de vidrio, lo cual constituyó un gran avance técnico y experimental.

Sguario

Hoy casi se ha olvidado el nombre de un médico y científico veneciano, Eusebio Sguario (1717-1764) quien dedicó su vida al estudio de la electricidad. Como fruto de su trabajo, publicó en Venecia, en 1746 el libro *Dell' elettricismo: 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 disertazioni attinenti all' uso medico di tali forze*. Como se ve por la última frase de este largo título, Sguario ejercía también la práctica de tratar a sus pacientes con choques y procedimientos eléctricos, práctica que fue muy usada por los médicos de los siglos XVIII

30 www.facmed.unam.

31 www.fis.uc.pt

y XIX.³² Sguario aportó su contribución al perfeccionamiento de los electros copios introduciendo el uso de pequeñas esferas de azufre a los extremos de los dos hilos pendientes verticalmente del borde superior del aparato, que ya antes había sido inventado por John Canton (ver arriba, pág. 5).

Aepinus

El fenómeno de la inducción o influencia eléctrica es aquél por el cual cuando un cuerpo cargado (por ejemplo, positivamente) se le acerca a un cuerpo neutro, descargado, en este último aparece una carga de signo contrario (carga negativa) en la parte de éste que está más próxima al primero; y aparece una carga de signo igual a la del primer cuerpo en la parte más alejada de éste. Sobre este fenómeno hizo observaciones muy extensas y muy precisas el físico alemán Franz Ulrich Theodosius Aepinus (1724-1802) mediante un sencillo dispositivo que se llamó “los dos platos de Aepinus”. Este científico nació en Rostock y estudió medicina en la universidad de esa ciudad, pero fue también un gran estudioso y profesor de matemáticas, astronomía y física, cuyos trabajos científicos le merecieron ser nombrado miembro de las academias de ciencias de Berlín y de San Petersburgo. En 1759 dió la interpretación correcta de la inducción electrostática, la cual estudió experimentalmente muy a fondo. En otro trabajo definió y midió la propiedad que hoy es llamada “conductividad específica” de varios materiales. Él estableció muy claramente la distinción entre conducción e inducción electrostática. En 1759 publicó su obra máxima *Tentamen Theoriae Electricitatis et Magnetismi*, obra en la cual, por primera vez, trata de aplicar el cálculo matemático a los fenómenos eléctricos y magnéticos.³³

Canton y Bose

Algunos historiadores atribuyen al inglés John Canton (Stroud, 1718, Londres, 1772) el mérito de haber descubierto la electrización por inducción, aunque otros lo atribuyen, al parecer con más acierto a Stephen Gray en 1729. Lo que sí le corresponde sin duda al primero es haber construido un nuevo tipo de electros copio y un electrómetro mejorado, gracias a sus habilidades como constructor de instrumentos científicos.³⁴

En esta época de mediados del siglo XVIII los físicos europeos mantenían una profunda división y un intenso debate sobre si la electricidad tenía una sola naturaleza (teoría de un fluido) o tenía dos naturalezas (teoría de los dos fluidos). Como ya se sabe, Du Fay era un decidido sostenedor de la teoría de los dos fluidos. En 1759 el físico inglés Robert Symmer (1707-1763) sostiene vigorosamente esta última teoría, con pruebas experimentales, en apoyo a Du Fay,³⁵ como veremos más abajo.

El físico alemán Georg Mathias Bose (1710-1761) fue profesor en la universidad de Leipzig, primero, y en la de Wittemberg, después. Era un auténtico “show-man” en sus clases y un brillante experimentador. Fue el primero en hacer uso, extensamente, de la máquina generadora electrostática inventada por Hawksbee y encontró que con ella los experimentos electrostáticos se podían realizar más fácilmente. El mejoramiento importante que Bose le hizo a la máquina de Hawksbee fue adicionarle un conductor de captación de las cargas generadas. Cuando este conductor era electrificado por el globo de vidrio rotatorio y con fricción, y era tocado por una persona, se producía una chispa. La máquina de Bose fue llevada a Inglaterra por William Watson, (1715-1787), como ya se dijo.³⁶ Bose intentó de-

32 www.bibliotecavigano.it

33 www2.enel.it

34 www2.enel.it

35 www2.enel.it

36 www.isd196

mostrar la naturaleza eléctrica del fenómeno atmosférico que es visible en las regiones nórdicas del planeta y conocido como aurora boreal.³⁷

Symmer

Fué Robert Symmer (1707-1763) quien en 1759 puso en escena la vieja teoría de los dos fluidos eléctricos de Gray, y la demostró experimentalmente de manera concluyente. El “experimentum crucis” de Symmer, no lo hizo en el laboratorio sino en la intimidad de su casa. Él solía usar en invierno dos pares de medias de seda: un par negro por encima de un par blanco. Una tarde, quitándose ambos pares de medias, y habiendo separado uno de otro, notó que ellos se habían electrizado por fricción pero que mostraban un extraño comportamiento. Symmer lo relató así:

Ambos pares de medias (blancos y negros) cuando se separan el uno del otro, se hinchen a tal punto que forman la figura completa de la pierna [...] Cuando las dos blancas o las dos negras son tenidas juntas al extremos del brazo (extendido), se separan entre ellas y forman un ángulo de 30 ó 35 grados. Cuando una media negra y una blanca son acercadas una a otra, ellas se atraen... A la distancia de tres pies se pliegan por sí solas la una hacia la otra. A la distancia de dos pies y medio se aferran una a otra; a distancias menores se envuelven mutuamente, con fuerza sorprendente. Al acercarse una a otra, su hinchamiento merma gradualmente, mientras la atracción hacia cuerpos externos disminuye; cuando se encuentran, se aplastan y se aprietan entre ambas. Las dos bolitas de un electroscopio no son más sensibles que las dos medias en esta situación. Pero la cosa que parece más extraordinaria es que cuando las medias son separadas de nuevo y puestas a distancia suficiente (ellas vuelven a inflarse) y su electricidad no parece estar debilitada en lo más mínimo por la descarga que han tenido al encontrarse.

La simetría del experimento hacía pensar fácilmente en la existencia de dos fluidos eléctricos que se atraían recíprocamente y se rechazaban

cada uno a sí mismo. Symmer pensó, además que ambas electricidades estaban simultáneamente presentes en todo cuerpo neutro, y que en todo cuerpo electrizado había más de una que de otra, según el signo de la electrización.

Symmer se convirtió así en un vigoroso sostenedor de la teoría de los dos fluidos, con numerosas pruebas experimentales.

Cigna

El médico turinés Giovanni Francesco Cigna (1734-1790) realizó numerosos experimentos tratando de establecer si había un solo fluido o dos fluidos eléctricos. El más concluyente de sus experimentos lo describe él mismo:

Mediante hilos de seda suspendí una lámina de plomo plana y ligera de modo que quedara aislada. Luego presenté a la superficie plana del plomo un cordón (de seda) cargado de electricidad vítreo [...] Si entre tanto acercaba un dedo al plomo, entre éste y el dedo saltaba una chispa y desde ese instante el cordón se envolvía en el plomo y adhiriéndose firmemente, lo sostenía fácilmente con todo su peso [...]. Ni el plomo ni el cordón atado a aquél daban ningún signo eléctrico. Si se desprendía el hilo del plomo, una nueva chispa se desprendía entre el plomo y el dedo y el cordón se mostraba electrizado como al principio.

Cigna concluyó con acierto que sus experimentos demostraban que había dos tipos de electricidades.

Bibliografía

- Atherton, W. A. *From Compass to Computer*. San Francisco. San Francisco Press, Inc. 1984.
- Bernal, John. *Historia Social de la Ciencia*. 2 volúmenes. Barcelona. Ediciones Península. 1967.
- Encyclopedia Britannica. Artículos “Electricity”, “Thales”, “Gilbert”, “Hauksbee”, “Franklin”, “Guericke”, “Coulomb”.
- Gamow, George. *Biografía de la Física*. Madrid. Alianza Editorial. 1960.

Hall, Rupert. *La Revolución Científica 1500-1750*. Barcelona. Editorial Grijalbo. 1985.

Heilbron, J. L. *Electricity in the 17th and 18th Centuries. A Study in Early Modern Physics*. Nueva York. Dover Publications Incorporated. 1979.

Hellems, Alexander y Bryan Bunch. *The Timetables of Science*. New York. Simon and Schuster. 1988.

Meyer, Herbert W. *A History of Electricity and Magnetism*. Norwalk, Connecticut. Bundy Library. 1972.

Papp, Desiderio. *Ideas Revolucionarias en la Ciencia*. Segunda edición. Santiago de Chile. Editorial Universitaria. 1993.

Poveda Ramos, Gabriel. *El magnetismo antes de Faraday y su incorporación en Colombia*. Artículo inédito.

Weinberg, Steven. *Partículas subatómicas*. Barcelona. Prensa Científica S.A. Editorial Labor. 1985.

Nota: En cada uno de estos libros, excepto en el de Heilbron, se encuentran solamente fragmentos de información sobre el tema del artículo.

<http://inri.online.fr/dali4.html>. "Thomas-François Dalibard, un savant pluridisciplinaire".

<http://www.fis.uc.pt/ihti/proj/fisica/electros.htm>. "A Electrostatica de Otto von Guericke a Charles de Coulomb".

<http://electricue.multimania.com/page4.htm>. "Premières Machines".

<http://www.ac-amiens.fr:8090/c1998/nollet.htm>. "Jean Antoine Nollet".

<http://physics.brown.edu/Studies/Demo/em/demo/5a5010.htm>. "5A50.10. Wimshurst Machine".

<http://inri.online.fr/dali6.html>. "Caracterisation de l'électricité dans la foudre".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/green.htm. "George Green".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/beccaria.htm. "Giovanni Battista Beccaria".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/musschen.htm. "Pieter van Musschenbroek".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/franklin.htm. "Benjamin Franklin".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/gilbert.htm. "William Gilbert".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/person/petrov.htm. "Vasili Vladimirovic Petrov".

<http://isd196.k12.mn.us/Schools/avhs/AV%20Connect/Science/Estaticnotes.html>. "Electrostatic Notes".

<http://www.sln.org/pieces/otoole/Statichistory.htm>. "A Short History of Electrostatics".

http://fr.encyclopedia.yahoo.com/articles/kh/kh_2068_p.O.html. "Stephen Gray".

<http://www.bibliotecavigano.it/sezioneII.htm>. "L'Elettricismo tra '600 e '700. Il Contributo Italiano".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/elettro/macchine.htm. "L'Elettrostatica. Le Machine Elettrostatica".

http://www2.enel.it/home/enelandia/storia_nj/elettro/statica.htm. "L'Elettrostatica. L'Elettricità Statica".

<http://www.coe.ufrj.br/~acmq/electrostatic.html>. "Electrostatic Machines".

<http://www.facmed.unam.mx/historia/Electricidad.html>. "El Potencial de Acción. Electricidad. La Electricidad Estática".

http://galileo.cyberscol.qc.ca/intermet/pheno_extreme/foudre_historique.htm. "Historique1".

<http://library.thinkquest.org/19662/high/eng/18th.html>. "History:18 th century".

Bonera, G. "Il caso dell' Electricità:dalle Origine a Volta". Pavia. Universidad de Pavia. 2001.