

EL NACIMIENTO DE LA ELECTRICIDAD COMO CIENCIA NEWTONIANA

Summers Gamez, Joaquin
Madrid.

Cuando Benjamín Franklin (1706-1790), abandona todas sus actividades habituales para dedicarse al estudio de la electricidad, según el mismo cuenta¹ el interés por los temas científicos venía de antiguo pero ocupó especial lugar entre sus ocupaciones cuando en 1746. encontrándose en Boston, conoció al Dr. Spence que realizaba con poca destreza algunos experimentos eléctricos pero que tenía algo novedoso. Estas experiencias dejaron en Franklin una huella imborrable que se reavivó cuando Peter Collinson² le envió un equipo para realizar sencillas experiencias eléctricas, así como toda la información que en Inglaterra circulaba sobre electricidad. Puede decirse que fue un alumno aventajado y pronto diseñó un nuevo sistema experimental e interesantes conclusiones que no dudó en enviar a Collinson para que la Royal Society tuviera conocimientos de su tarea, si bien, no fueron acogidos como suficientemente importantes para publicarlos en sus anales³.

A pesar de esto Franklin sigue enviando cartas en las que refleja sus trabajos a Collinson que entrega a Edward Cave para su publicación en 1749, apareciendo un año después, tiempo que aprovecha Franklin para hacer algunas correcciones y añadir algunos dibujos aclaratorios. Esta recopilación de cartas se editaron con el título de "Experimentos y Observaciones de Electricidad". Su aceptación motivó la edición de una segunda parte en 1753 y un año después una tercera parte, en ambas se recogía lo más importante del trabajo de Franklin.

Sus primeras investigaciones en el campo de la electricidad, se inician en 1747, cuando se preocupó de los efectos de los cuerpos puntiformes y su comportamiento con los fenómenos eléctricos que luego le llevaría a inventar el pararrayos. Su primer objetivo fue entender cómo

se produce el fuego eléctrico mediante las máquinas eléctricas o los procedimientos que entonces estaban de moda, una vez superada esta etapa que le permitió familiarizarse con unas técnicas elementales e imprescindibles para desarrollar una labor experimental. Como antes apuntábamos, enseguida se interesó por el "maravilloso efecto de los cuerpos puntiagudos" que entendía fundamentales para comprender como se puede conducir el fuego eléctrico. Problema estudiado con anterioridad, por Guericke (1602-1680) y con mayor precisión por Gray (1666-1736), aunque parece ser que Franklin no los conocía. De sus experimentos llegó a la conclusión de que el fuego eléctrico no se produce mediante frotamiento, solamente es recogido y, además, se trata de una materia indestructible que puede ser difundido entre otras sustancias y lo mismo puede ser atraído.

Pensó que la electricidad era una materia sutil, por eso utilizó el nombre de fuego eléctrico para representarla, posiblemente porque el fuego era el prototipo de esta forma de materia. Por otra parte, desde el principio compartía la concepción de fluido único que había adelantado el Abad Nollet (1700-1770), se trataba de un fluido especial, del mismo tipo que el calórico o el luminoso, aunque menos puro, que integraba todos los cuerpos del universo y que las operaciones peculiares de la electricidad ponía en movimiento provocando los fenómenos de atracción y repulsión entre otros.

William Watson (1715-1787) coincidía en estos planteamientos, consideraba la existencia de un "éter eléctrico" responsable de los diferentes fenómenos eléctricos. Después aceptó la teoría de Franklin aunque con ligeras matizaciones, así, por ejemplo, añadía un concepto relacionado con la diferencia de densidad del fluido eléctrico y que podríamos relacionarlo con lo que hoy entendemos como diferencia de potencial.

La teoría de Benjamín Franklin era más sencilla y hacía olvidar las dos categorías de electricidad que Dufay (1698-1739) llamaba vítreas y resinosas, para él existía un defecto y un exceso de un fluido

único que llamaba fuego eléctrico. Esta teoría, expuesta en 1747, admite un fluido único elástico y sutil, cuyas partículas son atraídas por los cuerpos lo mismo que mutuamente se repelen. Por otra parte, los cuerpos se comportan frente al fluido eléctrico como una esponja frente al agua con la diferencia de que la esponja puede estar seca mientras que los cuerpos siempre la poseen. Cuando se provocan los fenómenos eléctricos su estado normal se alteran: unos cuerpos son electrizados positivamente y otros negativamente. Aparecen por primera vez los conceptos de electricidad positiva y electricidad negativa que vienen a corresponder respectivamente, con los conceptos de electricidad vítrea y electricidad resinosa, conceptos que persisten a toda la teoría de la electricidad.

Casi todos los fenómenos eléctricos conocidos en la época de Franklin pueden ser explicados satisfactoriamente con su teoría. En ella hay una primera aproximación a la teoría de los electrones, cuando considera unas partículas mucho más pequeñas que los átomos y para las cuales la materia ordinaria es como una esponja. Aún quedaba por resolver el hecho de que los cuerpos cargados negativamente se repelen de la misma manera que los cargados positivamente. En el año 1759, Franz U. Th. Aepinus (1724-1802) expuso una explicación satisfactoria fundada en la hipótesis de que las moléculas de "materia ordinaria" sin electricidad -descargadas- se repelen de la misma manera que las partículas de materia eléctrica.

De esta manera Aepinus completaba la teoría del fluido único que no difería sustancialmente de la enunciada por Robert Symmer (+1763), en 1759, que mantenía la existencia de dos fluidos. Sin duda, la discusión entre los partidarios de una u otra teoría fue inútil, pues la semejanza entre la materia eléctrica y la materia ordinaria, permitía considerar a ésta como si fuera una materia eléctrica inversa.

A pesar de los esfuerzos realizados por muchas individualidades, todavía se tenía un conocimiento fragmentario y superficial de la electricidad y así, puede entenderse algunos de los errores cometidos:

moléculas se repelen entre sí o pueden ser atraídas por la materia. Más adelante considera a un fluido eléctrico y a un fluido magnético cuyos efectos se superponen y que una vez saturados de ambos un cuerpo solamente podría sufrir la atracción universal.

La teoría elaborada por Aepinus no tuvo la adecuada aceptación por su complicación, por eso se prefirió seguir con la idea de los dos fluidos eléctricos sobre todo después que Symmer volviera a enunciarla aunque sus argumentos fueran de poco peso.

Hemos tratado de poner de manifiesto el esfuerzo realizado encaminado a considerar la electricidad como una ciencia moderna, en cualquier caso parece claro que llegamos a mediados del siglo XVIII sin tener una formulación matemática o una mayor precisión en las medidas, sería un nuevo paso del que nos vamos a preocupar a continuación.

Los primeros intentos para realizar algunas medidas de los distintos aspectos de los fenómenos eléctricos se encaminaron a la medida de las fuerzas eléctricas y magnéticas. Así, J.B.Leroy (1720-1800) y P. D'Arcy (1725-1779) en 1749 diseñaron un sistema para medir las fuerzas eléctricas, el electrómetro-aerómetro, que después utilizó Daniel Bernoulli (1700-1782) al intentar establecer la relación entre la distancia y la acción eléctrica. Pero sin duda, en esa nueva etapa, juega un papel fundamental Joseph Priestley (1733-1804), fue el primero en realizar medidas sobre las conductividades de algunas sustancias y siguiendo a Franklin pudo determinar que en el interior de la cavidad metálica el campo eléctrico es nulo. En sus experimentos establece que la atracción eléctrica se encuentra sometida a unas leyes semejantes a las que define la gravitación no llega a ninguna conclusión, solamente se formula una pregunta que contestaría Cavendish.

Los primeros trabajos de Henry Cavendish (1731-1820) se basan en la teoría de Aepinus y llega a establecer una ley que permite explicar el comportamiento de las interacciones eléctricas. Supone que esta ley es la razón inversa del cuadrado de la distancia⁵, lo mismo que Priestley deduciendo algunas consecuencias tales como, la acción

por Franklin. Así ocurre cuando supone que el signo de la materia eléctrica móvil coincide con la electricidad vítrea de Du Fay (electricidad positiva). De sus observaciones de las descargas de los cuerpos puntiagudos y de la consideración del llamado viento vítreo, creía que, por los puntos, el fluido eléctrico que salía estaba cargado positivamente. Otra confusión de Franklin era no diferenciar la electricidad o materia eléctrica y la atmósfera eléctrica que siempre rodea a los cuerpos cargados, se trataba de una equivocación habitual a mediados del siglo XVII y suponía, en definitiva, no asociar al término de atmósfera eléctrica al concepto de campo de fuerza⁴.

En las experiencias que realizó Franklin con la botella de Leyden y sus consiguientes explicaciones, se incluye una teoría completa para dar una explicación de los fenómenos de la influencia eléctrica. A pesar de ello Aepinus y su discípulo J.C. Wilcke (1732-1796), insistieron en algunos aspectos con la intención de aclarar una situación confusa. Consiguieron dar una interpretación, no muy diferente, fundada en las acciones de atracción y repulsión y en el comprobado movimiento de la electricidad en los conductores. Así suprimen el concepto de atmósfera eléctrica y dan un primer paso hacia el establecimiento de una electricidad newtoniana, al menos cualitativamente.

En un principio las ideas de Aepinus son algo confusas, pues en sus experiencias iniciales no distingue, claramente, entre fenómenos eléctricos y magnéticos. Aunque a pesar de encontrar que eran fenómenos diferentes no cesa en su interés de dar una explicación única. Su punto de partida puede situarse en el descubrimiento de la piroelectricidad. Comprobó que cuando se calienta una aguja cristalina de turmalina puede electrizarse positivamente en un extremo y negativamente en el otro. Aparecen, pues, dos polos eléctricos en el cristal siendo una situación semejante a la que presenta un imán con sus dos polos magnéticos. De aquí nace su interés en desarrollar una teoría de los imanes y de la imantación por influencia que viene a ser una traslación de la teoría de la electricidad. Piensa en la existencia de un fluido magnético único que puede moverse en los cuerpos imantables, que sus

nula en el interior de una esfera hueca y la distribución superficial de la electricidad en algunos casos particulares. También se preocupa por el "grado de electrificación" de un conductor que en algunas ocasiones llama "comprensión de la electricidad" y que viene a ser lo que hoy llamamos potencial eléctrico⁶.

Sin duda los documentos más importantes de Cavendish son los que fueron conocidos con 100 años de retraso después que los descubriese Maxwell. En estos documentos insiste en la ley $\frac{1}{2}$ define la capacidad de un conductor e indica que las cargas de dos conductores que se encuentran electrizados "en el mismo grado" son proporcionales a sus capacidades. Además, estas capacidades pueden ser comparadas sin más que realizar una medida directa, consistente en descargar progresivamente los conductores con la ayuda de un cuerpo de prueba. Descubre que la capacidad de los conductores dependen del medio en que se encuentre, no es la misma capacidad de un conductor plano en contacto con aire o con vidrio o cero. Este hecho lo redescubrió Faraday cuando definió y realizó algunas medidas de las constantes eléctricas. Cuando se preocupa del fenómeno de la conductividad eléctrica, hace diferentes experiencias con algunas sustancias y al establecer una correlación entre los diferentes resultados viene a establecer los fundamentos de lo que luego vendría a ser la ley de Ohm⁷.

De las nociones de carga potencial se llegó al concepto de capacidad, desde un punto de vista estático y cuando se trata de una perspectiva dinámica, aparecen conceptos como "velocidad de corriente", intensidad de corriente y, en definitiva, se llegaría a establecer la resistencia eléctrica, para caracterizar el paso de la corriente eléctrica por un conductor.

El paso decisivo para el establecimiento de la Electricidad como ciencia newtoniana lo dio Charles A. Coulomb (1736-1806), que con un sencillo aparato matemático y un método de trabajo apropiados se preocupa, en 1786, de estudiar los problemas de distribución de la electricidad en los conductores y es, entonces, cuando deja establecidas las

La electricidad como ciencia newtoniana

bases de la Electrostática experimental y matemática.

Define la masa eléctrica que identifica con la carga de un cuerpo, previamente había medido esa carga y determinado la densidad de carga en un punto. Ambas magnitudes habían sido introducidas por Franklin, aunque, de una forma algo imprecisa pues sus razonamientos eran eminentemente semicualitativos. El mérito de Coulomb no es solamente perfeccionar las definiciones consecuencias de sus nuevos experimentos, sino que es capaz de relacionarlas, en valores absolutos, con las magnitudes mecánicas fundamentales lo que le permite realizar cálculos con ellas.

Su interés siguiente se trata de dar una explicación sobre la naturaleza de estas cargas, se encuentra con dos teorías, la del fluido único de Franklin y Aepinus y la de los dos fluidos enunciada por Symmer entre otros. Adopta una actitud prudente no decidiéndose, de manera rotunda, por ninguna de ellas, pues, según dice, su interés estaba en avanzar los resultados del cálculo y de la experiencia, no le preocupa profundizar en las verdaderas causas de la electricidad, aunque en un escrito suyo de 1788 da entender que desde su perspectiva la propuesta de Aepinus le parece más adecuada, si bien para sus cálculos es indiferente cualquiera de las dos teorías.

Cavenfish y Coulomb había recogido el testigo de Franklin y establecen la Electricidad como ciencia moderna. Este nacimiento se presenta con un siglo de retraso en relación con otras partes o ramas de la ciencia como la mecánica celeste, la mecánica de los cuerpos sólidos, la mecánica de los fluidos y buena parte de la óptica. Una justificación se puede encontrar en la novedad y dificultad de realizar los experimentos, hasta el punto de que muchas veces las mismas experiencias realizadas por dos científicos diferentes aportaban resultados distintos. La reproducción de los experimentos fue un factor decisivo para el progreso de las investigaciones, esto se hizo posible cuando se empezaron a dar datos relativamente objetivos y formas para su realización. Por otra parte, sobre los fenómenos eléctricos no existían

imágenes nuevas, persistían modelos mecánicos antiguos, generalmente falsos, de carácter cualitativo, situación que fue provocada, en algún sentido, por Newton, pues fue un científico de gran prestigio e influencia en su época que no se preocupó por los experimentos eléctricos.

Además, las investigaciones eléctricas implicaban un cambio rotundo ante el concepto de los fenómenos entonces más desarrollados en el siglo XVIII que eran los mecánicos. Se trataba de un modelo diferente, se pasaba de las acciones de contacto entre cuerpos sólidos, fácilmente inteligibles y explicables, a las acciones a distancia que eran atribuibles antes a cualquier efecto sobrenatural que a una causa física. De una manera muy clara lo dice en 1739 Musschenbrock (1692-1761): "Es imposible, para el espíritu humano, concebir lo que es la acción de dos cuerpos llevados el uno hacia el otro o que están en contacto; no tenemos idea alguna de la fuerza que los hace obrar, no se comprende como para esa fuerza del uno al otro ni el modo cómo se produce ni cómo deja de obrar. Es un misterio por encima del alcance de nuestro entendimiento".

NOTAS.-

- 1.- B. Franklin, Autobiografía, Editora Nacional, Madrid 1982.
- 2.- Peter Collinson, miembro de la Royal Society, trató de introducir los trabajos de Franklin en los ambientes científicos europeos y procuró mantenerle informado de las novedades editoriales que se producían en Inglaterra.
- 3.- Cuando destacados miembros de la Royal Society conocieron la analogía entre el rayo y la electricidad que proponía Franklin pensaron que sus teorías no eran serias.
- 4.- Este error también lo tenía Watson y el abad Nollet, entre otros, y solamente se iría abandonando a medida que la idea newtoniana de electricidad se fue introduciendo. Faraday vuelve a utilizar la idea de atmósfera eléctrica muy modificada, con más precisión, di-

rectamente relacionada con el experimento y libre de toda hipótesis materialista.

- 5.- Consecuencia de la determinación de la ley experimental $\frac{1}{r^2}$ es que todo punto interior de una esfera conductora hueca electrizada las acciones eléctricas son nulas. La verificación de este teorema permite demostrar con gran precisión que la ley de las acciones eléctricas es la de Newton.
- 6.- Du Fay definió el "grado de fuerza de la electricidad" y lo midió mediante la separación de los dos hilos de su electrómetro. Cavendish estableció que dos cuerpos de formas distintas unidas por un hilo conductor, no tienen la misma carga, pero sí el mismo grado de electrificación.
- 7.- Dice que el hierro conduce 400 millones de veces mejor que el agua de lluvia. El agua marina lo hace 100 veces mejor y una solución saturada de sal conduce 720 veces mejor que el agua de lluvia.