

Vida científica

EFEMÉRIDES

150 AÑOS DE LA MUERTE DE UN GRAN GENIO: MICHAEL FARADAY

Michael Faraday (Fig.1) es probablemente uno de los científicos más trascendentales y con menos fama de la Historia de la Ciencia, a pesar de haber hecho grandes descubrimientos y ser considerado como el mejor experimentalista de todos los tiempos [1].

¿Michael Faraday? ¿Quién es? A diferencia de otros científicos muy influyentes como Isaac Newton o Charles Darwin, Michael Faraday no logró esa fama en sus años posteriores. De hecho, salvo que se haya cursado estudios superiores de la rama de ciencias o bien estudios de física en bachillerato, es extraño que se sepa quién es Michael Faraday. No obstante, muchos de los dispositivos que se utilizan a diario, concretamente la gran mayoría de los aparatos electrónicos, son reales gracias a los estudios y descubrimientos de este científico. Miremos donde miremos, todos los dispositivos que observamos, están relacionados en mayor o menor medida con Faraday, generadores y transformadores, motores eléctricos, aviones, aislantes e inhibidores, energía hidráulica o la dinamo, etc.

Se trata de uno de los científicos con mayor transcendencia en nuestra vida actual.

Fue un científico a quien se le atribuye el desarrollo de la Electrólisis, la Inducción Electromagnética y el Diamagnetismo. Mediante sus estudios como químico y



Figura 1. Michael Faraday. Fuente: <https://hipertextual.com/2014/07/michael-faraday>.

físico, Faraday pasó a ser uno de los personajes más prestigiosos de la historia por adentrarse en las teorías de la electroquímica y el electromagnetismo, que dio paso a las investigaciones más avanzadas de la cultura científica mundial, acreditada por personajes de la relevancia de Albert Einstein.

Al mismo tiempo, su obra demuestra que aunque la mayoría de los avances de la Ciencia surgen como producto de una labor colectiva, existen hombres que, por sí solos, abren nuevos caminos, como Faraday. Por otro lado, en el ámbito de la Ciencia, son pocas las ocasiones en las que es posible acercarse tanto a la labor científica de un investigador como a su vida personal.

Así pues, empecemos por el principio. ¿Cuál es la procedencia de Michael Faraday? Tal y como se puede deducir por su nombre Michael Faraday es un científico de origen británico. Nació el 22 de septiembre de 1791 en Newington Butt, al sur de Londres, y falleció, 76 años más tarde, el 25 de agosto de 1867, en Hampton Court.

Vivió una época de grandes avances científicos e industriales, a la que se conoce como la famosa *Revolución Industrial* y de la cual Gran Bretaña fue la cuna. De hecho, coetáneamente a los descubrimientos de Michael Faraday, se produjeron invenciones tales como la *Máquina de Vapor*. Pero, a pesar de que esa Revolución Industrial aumentó los niveles de vida considerablemente, Michael Faraday no se encontraba entre los más beneficiados. De hecho, el británico solo recibió una educación básica.

El joven Michael Faraday, hijo de un herrador de caballos, era el tercero de cuatro hermanos, y el propio Faraday confesó que su educación consistía en un poco más que rudimentos de lectura, escritura y aritmética, que pasó su infancia deambulando por las calles y que disponía de un trozo de pan a la semana [2]. Así pues, tras comenzar a trabajar como repartidor de periódicos, llegó a ser, a la edad de 14 años, aprendiz de un encuadernador y vendedor de libros de la ciudad. Durante los siete años que duró su aprendizaje como encuadernador, Faraday leyó muchos libros y documentos, entre ellos el artículo *Electricity* de la *Enciclopedia Británica*, despertándose en ese momento su curiosidad por la Ciencia.

Faraday tuvo la suerte, en febrero de 1810, de encontrar a un grupo de jóvenes con una pasión común por la Ciencia, quienes se reunían en la que llamaron The City Philosophical Society los miércoles por la noche. Fue en dicha sociedad donde recibió una educación básica en ciencias con cursos sobre electricidad, galvanismo, hidrostática, óptica, geología, mecánica experimental y teórica, química, astronomía y meteorología. Casualmente, a la edad de 19 años, un cliente de la librería donde trabajaba le ofreció cuatro invitaciones para asistir a las conferencias de sir Humphry Davy sobre química, en la Royal Institution of Great Britain. Faraday, después de asistir a las mismas, envió a Davy un libro de 300 páginas basado en notas que él mismo había tomado durante esas conferencias, pidiendo que lo aceptara como asistente en su laboratorio [3].

La respuesta de Davy, a la solicitud de Faraday, fue favorable. Davy, durante un experimento con tricloruro de nitrógeno, se había dañado gravemente la vista, por lo que decidió contratar a Faraday como su asistente de química en la Royal Institution. Así pues, no fue hasta 1813 cuando Michael Faraday comenzó a trabajar en el campo de la Ciencia. Su primer jefe y mentor, sir Humphry Davy, también de origen británico, logró grandes descubrimientos en el campo de la química. Gracias a este empleo, el joven Faraday comenzó a aprender y a conocer grandes personalidades del mundo científico de la época. Podríamos decir, que este fue el comienzo de su etapa más fructífera.

Durante una década trabajó al lado de Davy y recibió una completa educación en química, leyendo cuidadosamente los trabajos más recientes, y consiguió gran habilidad y destreza en la manipulación de los materiales y de los instrumentos de laboratorio (Fig. 2), que



Figura 2. Faraday en su laboratorio. Retrato de Harriet Moore, 1850. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

tendrían una importancia decisiva en sus investigaciones a lo largo de su vida científica.

Hacia 1820 se independizó, y comenzó su larga y fecunda carrera. La contribución de Faraday fue desde entonces inmensa, hizo del orden de 30.000 experimentos, que describía cuidadosamente en sus diarios.

Pronto destacó en el campo de la química [4]. Su reputación como químico analítico le llevó a ser un experto en juicios con una clientela que dejó grandes beneficios dinerarios para mantener la Royal Institution. Faraday se convirtió en el primero en recibir de manos de la Royal Institution el título de Professor of Chemistry, en cuyo cargo permaneció hasta su muerte.

En 1820 sintetizó los primeros compuestos conocidos de carbono y cloro, el hexacloroetano, C_2Cl_6 y el tetracloroetileno, C_2Cl_4 , por reacción del etileno con cloro, siendo la primera reacción de sustitución inducida. Trabajó también en la licuefacción de los gases, obteniendo cloro líquido en 1823. Faraday también trabajó sobre la ignición de vapores de aceites, ya que era importante para el desarrollo de la iluminación de Londres, y estudió varios aceites que podían ser usados en el calentamiento de habitaciones y en la iluminación, lo cual le llevó a descubrir el benceno en 1825. Así mismo, investigó sobre aleaciones de acero, ayudando a establecer los cimientos de la metalurgia.

Davy había utilizado la pila de Volta para separar metales introduciendo los electrodos en disoluciones de sales, iniciando el proceso de electrólisis. Como anécdota señalar que ante la pregunta de cuál había sido su mayor descubrimiento, la respuesta de Davy fue: *mi mayor descubrimiento ha sido Michael Faraday*.

Faraday hizo un examen cuidadoso del fenómeno de descomposición electrolítica y estos experimentos le llevaron a enunciar *Las Leyes de Faraday de la Electrólisis* en 1834 [2].

¿De qué manera una cantidad dada de electricidad estaba en relación con los productos de la descomposición electrolítica? La primera Ley de la Electroquímica establece que la masa liberada en un electrodo es proporcional a la cantidad de electricidad que se hace pasar a través de la solución, y la segunda Ley de la Electroquímica nos dice que, para sustancias diferentes, el peso depositado por una cantidad de electricidad es proporcional a su correspondiente peso químico equivalente. Para calcular la masa de los elementos que se formarán en un electrodo se utiliza una constante denominada

constante de Faraday en su honor y se define como la cantidad de carga eléctrica en un mol de electrones.

A él se deben los términos ion, ánodo, cátodo y electrodo. Hay que señalar también que Faraday propuso dar el nombre de *Electrólisis* a la ruptura de moléculas por una corriente eléctrica. Llamó *electrolito* a la solución a través de la cual fluía la corriente, *electrodos* a las varillas de metal introducidas en la solución, y evitó llamarles polos opuestos, pues demostró que no eran polos de fuerza. Al electrodo positivo le llamó *ánodo* y al negativo *cátodo*. A las cargas en movimiento a través de la solución las llamó *iones*, que quiere decir viajero en griego. Y a los iones que viajan en dirección al ánodo los llamó *aniones* y a los que se dirigen al cátodo, *cationes*.

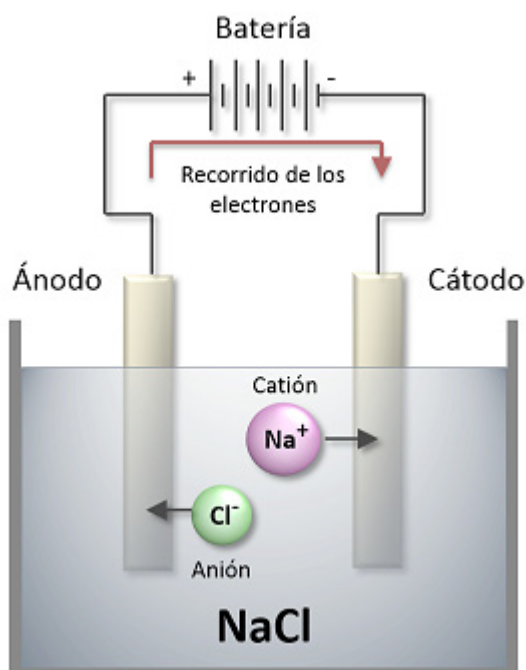


Figura 3. Esquema de Electrólisis del NaCl. Fuente: <http://www.quimicas.net/2015/08/la-electrolisis.html>.

Además, en su contribución a la química entre otras muchas, Faraday fue el primero en descubrir lo que posteriormente serían llamadas nanopartículas metálicas. En 1847 descubrió que las propiedades ópticas del coloi-de de oro diferían de las del metal macizo. Esta fue, probablemente, la primera observación registrada sobre los efectos del tamaño cuántico, y podría ser considerado como el nacimiento de la *Nanociencia*.

Faraday se casó, en 1821, con Sarah Barnard y se conocieron a través de sus familias en la iglesia Sandemaniana, filial de la Iglesia de Escocia. No tuvieron hijos. Faraday fue un cristiano devoto. Una vez casado, sirvió como diácono y, durante dos periodos, como pres-

bítero en su congregación Sandemaniana. Biógrafos del científico han señalado que un fuerte sentimiento de unidad entre Dios y la naturaleza impregnó la vida y el trabajo de Faraday [3].

Como prueba de los valores humanos y pacifistas de Faraday la corona británica le ofreció un título de caballero, en reconocimiento a sus servicios a la Ciencia, el cual fue rechazado por motivos religiosos. Faraday creía que acumular riquezas y perseguir recompensas mundanas atentaba contra la palabra sagrada de la Biblia, prefiriendo seguir siendo llamado simplemente Sr. Faraday, hasta el final de sus días. Durante la Guerra de Crimea (1853-1856) fue consultado por el gobierno británico con el fin de ayudar en la producción de armas químicas y Faraday rechazó participar, alegando motivos éticos, rechazando a su vez la presidencia de la Royal Society. Otros galardones si fueron aceptados por el científico como el grado de Doctor of Civil Law (honorario), en junio de 1832, por la Universidad de Oxford y miembro honorario de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias; y fue elegido miembro de la Real Academia de las Ciencias de Suecia en 1838, y uno de los ocho miembros extranjeros elegidos por la Academia de Ciencias de Francia en 1844; en 1849 miembro asociado del Real Instituto de Holanda y en 1851 miembro de la Real Academia de Holanda de las Artes y las Ciencias.

Cabe destacar que Michael Faraday inició en 1825 las *Royal Institution's Christmas Lectures*, una serie de charlas anuales sobre Ciencia. Estas charlas, a diferencia de muchas otras que existen en el mundo, estaban orientadas principalmente a la divulgación y, especialmente, a los jóvenes y niños que, como Faraday, no tuvieron acceso a una educación de mayor nivel.

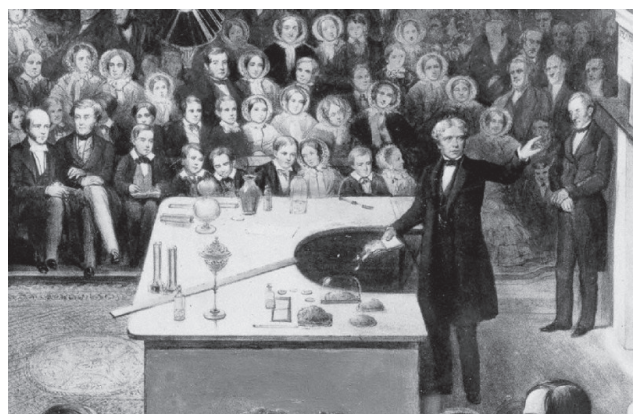


Figura 4. Faraday durante una charla en 1856. Fuente: <https://hipertextual.com/2014/07/michael-faraday>.

En ellas se mostraban curiosidades y avances científicos de la época y maravillaban a la audiencia. Michael Faraday, como no podía ser de otra forma, fue uno de los ponentes más prolíficos dando 123 charlas [6], siendo su ciclo preferido *La historia química de una vela* que impartió por última vez en 1860 y apareció en forma de libro en 1861. Nadie imaginaba que con algo tan corriente como una vela se podía explicar la respiración, la composición del agua o del aire y la combustión de los gases; todo ello en una obra que constituye un hito de la cultura científica. Tal fue la trascendencia de estas charlas, que, a día de hoy las Christmas Lectures de la Royal Institution se siguen realizando año tras año, con diferentes ponentes que han tratado todo tipo de temáticas a lo largo de más de dos siglos desde su comienzo y hoy en día se emiten por televisión.

En 1820 Hans Christian Orsted había anunciado que el flujo de la corriente eléctrica a través de un cable producía un campo magnético alrededor suyo. André-Marie Ampère demostró que la fuerza magnética era circular produciendo en efecto un cilindro de magnetismo alrededor del cable. Tal fuerza circular no había sido observada y Faraday fue el primero en entender lo que ello implicaba. Si un polo magnético se pudiese aislar, debería moverse constantemente en círculo alrededor de la corriente que lleva el cable.

La habilidad de Faraday en el laboratorio le llevó a construir un aparato que confirmara su teoría, e inventó algo que él llamó *Dispositivos de Rotación Electromagnética*. Este aparato, que transformaba la energía eléctrica en energía mecánica fue el primer *Motor Eléctrico*.

En la figura 5 se muestra el *Rotor Electromagnético* de Faraday [5]. Cada una de las copas de vidrio está llena de mercurio, de modo que una corriente eléctrica puede pasar del alambre superior a la base. A la izquierda, el polo sur de un imán está fijo y el polo norte puede girar libremente a lo largo de una de las líneas de fuerza magnética circulares que rodean la corriente. A la derecha la varilla metálica que transporta la corriente gira alrededor del imán que permanece fijo. Parecía que se podía usar la electricidad y el magnetismo combinados con el fin de generar fuerza motriz.

Asimismo el científico inglés, partiendo nuevamente de las teorías de Ørsted, observó la aparición de corrientes en circuitos en tres situaciones diferentes: si se establecía o suspendía una corriente en otro circuito próximo; si un circuito cercano por el que circulaba una corriente, se movía respecto del primero; y si se introdu-

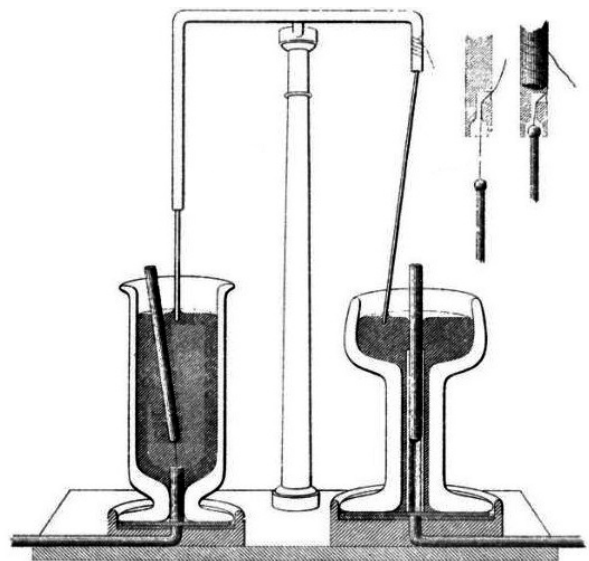


Figura 5. Rotor Electromagnético de Faraday. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

cía o retiraba un imán en el circuito. Es decir, si se producían variaciones de algo.

Efectivamente el gran descubrimiento de Faraday surgió cuando enrolló dos solenoides de alambre alrededor de un aro de hierro, y encontró que cuando hacía pasar corriente por un solenoide, otra corriente era temporalmente inducida en el otro solenoide. Este fenómeno se conoce como *Inducción Mutua* (Fig. 6). Había inventado el transformador. Este aparato aún se expone en la Royal Institution.

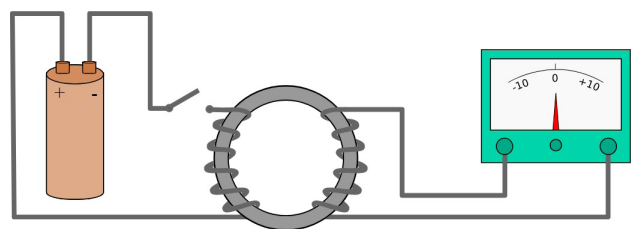


Figura 6. Diagrama del dispositivo de Inducción Mutua. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

En experimentos posteriores, observó que si hacía pasar un imán a través de una espira de alambre, una corriente eléctrica circularía a través de este alambre. La corriente también fluía si la espira era movida sobre el imán en reposo.

En la figura 7 se muestra que la batería líquida, a la derecha, envía una corriente eléctrica a través del pequeño solenoide (A). Cuando se mueve dentro o fuera del solenoide grande (B), su campo magnético induce un voltaje temporal en el solenoide, detectado por el galvanómetro (G).

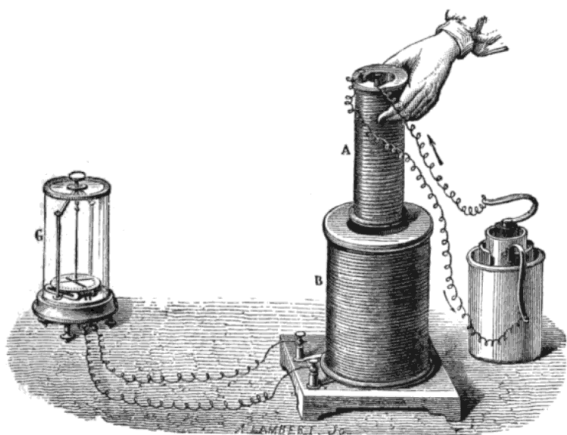


Figura 7. Experimento de Faraday que demuestra la Inducción (1831). Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

Sus demostraciones establecieron que un campo magnético variable generaba un campo eléctrico. Había descubierto la *Inducción Electromagnética*.

El descubrimiento de la Inducción Electromagnética en 1831 marcó un hito decisivo en el progreso de la Ciencia y revela algo nuevo sobre los campos eléctricos y magnéticos [2]. A diferencia de los campos electrostáticos creados por cargas eléctricas en reposo, cuya circulación a lo largo de una línea cerrada es nula, los campos eléctricos creados por campos magnéticos tienen una circulación a lo largo de una línea cerrada distinta de cero. Dicha circulación, que corresponde a la fuerza electromotriz inducida, es igual al ritmo de cambio del flujo del campo magnético que atraviesa la superficie delimitada por dicha línea cerrada. Esto es lo que se conoce como *Ley de Faraday*. Los experimentos de Faraday sobre la inducción electromagnética fueron presentados en la Royal Society en noviembre de 1831.

A propósito de estos descubrimientos en el campo de la Inducción Electromagnética, el primer ministro británico le preguntó: Señor Faraday, esto es muy interesante pero ¿cuál es su utilidad? A lo que Faraday respondió: *Tal vez señor este descubrimiento dé lugar a una gran industria de la cual podrá sacar impuestos* [7].

Sus habilidades matemáticas, sin embargo, no abarcaban más allá de la trigonometría y el álgebra básica, ya que era un autodidacta dotado de una intuición genial. James Clerk Maxwell, años más tarde, tomó el trabajo de Faraday y lo resumió en un grupo de ecuaciones que representan las actuales teorías del fenómeno electromagnético [8] y que a su vez evolucionarían a un modelo más general conocido como *Teoría de Campos*.

El uso de líneas de fuerza por parte de Faraday llevó a Maxwell a escribir que demuestran que Faraday había sido en realidad un gran matemático.

Faraday usaría después los principios que había descubierto para construir *El Disco de Faraday*, una dinamo, ancestro de los actuales generadores eléctricos que funcionan por medio de un campo magnético. Era muy poco eficiente y no tenía ningún uso como fuente de energía práctica, pero demostró la posibilidad de generar electricidad usando magnetismo y abrió la puerta a los conmutadores, dinamos de corriente continua y finalmente a los alternadores de corriente. Por tanto, Faraday inventó el primer motor eléctrico, el primer generador eléctrico, la primera dinamo y el primer transformador eléctrico, por lo que Faraday puede ser llamado, sin género de dudas, el padre de la Electrotecnia.

Gracias a estos descubrimientos, Michael Faraday logró consagrarse como un científico de éxito en su época, aunque también tenía sus detractores, obviamente, a pesar de que en los años posteriores a la publicación de esos trabajos, apenas avanzó en la investigación en ese campo. En su honor a la unidad de capacidad eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades (SI), se la denominó *Faradio* (F), y desde 1935 el *Cráter Lunar Faraday* lleva este nombre en su memoria.

Estos trabajos de Faraday de los fenómenos electromagnéticos fueron utilizados posteriormente por Maxwell y Einstein, dando lugar a la física moderna, al igual que había ocurrido trescientos años antes con los trabajos de Galileo y Newton que dieron paso a la física clásica [7].

A este gran descubrimiento le sucedieron otros como la *Jaula Faraday*, avances en vidrio óptico, creación de nuevos elementos químicos como el benceno, etc.

Es importante decir que Faraday inventó *La Jaula de Faraday* en 1836 [1]. Como parte de sus experimentos Faraday descubrió que los electrones, responsables de la corriente eléctrica, se mantienen siempre en la parte externa de un conductor. Se trata de un espacio cerrado que impide que el campo electrostático influya en lo que esté contenido dentro. Se debe a que el campo electromagnético en la región interior de un conductor es cero, anulando el efecto de los campos externos que puedan afectar al conductor. Es decir, si tenemos un balón de fútbol hecho de un material conductor, los electrones circularán siempre por la superficie, no por el interior del mismo.



Figura 8. Avión alcanzado por un rayo. Ejemplo de la Jaula de Faraday. Fuente: <https://hipertextual.com/2014/07/michael-faraday>.

Uno de los ejemplos más impresionantes de la Jaula de Faraday se da cuando un rayo cae en un avión (Fig. 8). La carga de los rayos suele desplazarse desde el morro hasta la cola, donde desaparece. Así pues, los aviones pueden soportar el impacto de cargas eléctricas sin mayor problema.

También trabajó en la mejora de la calidad óptica del vidrio para los telescopios produciendo un cristal de un alto índice de refracción, trabajo que le condujo a acuñar el término *Diamagnetismo* en 1845, cuando se dio cuenta de que todos los materiales responden, ya sea en forma diamagnética (repulsión) o paramagnética (atracción) a un campo magnético aplicado. Lo constató cuando vio que un trozo de bismuto era repelido por un polo cualquiera de un imán; lo que indicaba que el campo externo del imán induce un dipolo magnético en el bismuto de sentido opuesto.

En 1845 descubrió efecto magneto-óptico denominado *El Efecto Faraday* en memoria de su descubridor y quizás el menos conocido. Consiste en la influencia de un campo magnético sobre un haz de luz polarizada. Faraday comprobó que si un haz de luz polarizado linealmente atraviesa un cierto material al que se aplica un campo magnético en la dirección de propagación de la luz, se observa un giro en el plano de polarización de la luz. Había tratado este experimento con varios materiales tales como el aire, cristal, vidrio ordinario, etc., pero ninguno producía este efecto, hasta que utilizó una pieza de vidrio de boro silicato de plomo que colocó encima de los polos de un electroimán. En relación con este fenómeno Faraday escribió: *Finalmente he logrado iluminar una curva magnética y magnetizar un rayo de luz*, refiriéndose al cambio de polarización que sufre la luz al pasar por un vidrio que está sujeto a un campo magnético y además añadió: *Este hecho probablemente será sumamente fecundo y de gran valor en la investigación de ambas clases de fuerzas naturales*.

No estaba equivocado, pues el efecto magneto-óptico es uno de los pilares fundamentales y una de las pruebas experimentales de la *Teoría Electromagnética de la Luz*, desarrollada posteriormente por Maxwell.

En 1848, se le concedió una casa libre de gastos en Hampton Court en Middlesex y en 1858 Faraday se retiró a vivir a ese lugar y comenzó a apartarse de la vida pública ya que tuvo periodos de pérdida de memoria.

Faraday murió en esa casa en el 25 de agosto de 1867, a la edad de 75 años. A pesar de haber rechazado una sepultura en la Abadía de Westminster, existe ahí una placa conmemorativa en su nombre, cerca de la tumba de Isaac Newton. Faraday fue sepultado, en una modesta tumba, en la sección de disidentes del cementerio de Highgate (Fig. 9).

En 1973 la Royal Institution abrió un museo dedicado a Michael Faraday. Está en el edificio principal en Albermarle Street. En su interior se encuentra expuesta una reconstrucción de uno de los laboratorios de Faraday.



Figura 9. Tumba de Faraday en el cementerio de Highgate (Londres). Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday.

day y una segunda habitación con más aparatos históricos y objetos asociados con Faraday.

Para terminar este artículo se transcriben aquí literalmente las palabras de Earnest Rutherford, padre de la física nuclear, en alusión a Faraday [6]:

“When we consider the magnitude and extent of his discoveries and their influence on the progress of science and of industry, there is no honor too great to pay to the memory of Faraday, one of the greatest scientific discoverers of all time”.

REFERENCIAS

- [1] N. Rivera. Michael Faraday, el hombre que llevó la electricidad más allá. Hipertextual. Ciencia. 2014. *On line*. <https://hipertextual.com/2014/07/michael-faraday> (acceso 07-07-2017).
- [2] G. Carmona, P. Goldstein y col, Michael Faraday: un genio de la física experimental, FCE/SEP, México, 2003. *On line*: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/136/htm/faraday.htm>.
- [3] Williams P (1965). Michael Faraday: A Biography. Chapman y Hall, Londres.
- [4] Newell LC (1931). Faraday's contributions to chemistry. *Journal of Chemical Education* 8, 1493-1522.
- [5] Wikipedia. *On line*: https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday (acceso 07-07-2017).
- [6] Thomas JM (1991). Michael Faraday and The Royal Institution: The Genius of Man and Place (PBK). Ed. Taylor y Francis.
- [7] Feira de Ciências. Electromagnetismo. *On line*: <http://www.feiradeciencias.com.br/cientistas/faraday.asp> (acceso 07-07-2017).
- [8] Cantor G (1991). Faraday's search for the gravelectric effect. *Physics Education* 26, 289-293.
- [9] Químicas. Electrólisis. *On line*: <http://www.quimicas.net/2015/08/la-electrolisis.html> (acceso 07-07-2017).

M.^a del Pilar Cabildo Miranda
Dpto. de Química Orgánica y Bio-Orgánica