



1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100
101	102
103	104
105	106
107	108
109	110
111	112
113	114
115	116
117	118
119	120

HENRY MOSELEY

RAYOS X, TABLA PERIÓDICA Y GUERRA

“Gracias a Moseley, ahora nadie puede decir que es difícil aprender y entender la tabla periódica”.

POR PASCUAL ROMÁN



Henry Moseley en 1914, tabla periódica e imagen de la I Guerra Mundial.
<http://bit.ly/1j0XjaO> (primer plano)
<http://www.chemicool.com> (tabla periódica)
<http://meetingjames.files.wordpress.com> (fondo)

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

La Primera Guerra Mundial comenzó el 28 de julio de 1914 y finalizó con el Armisticio del 11 de noviembre de 1918. Se produjeron más de 39 millones de pérdidas humanas entre muertos, heridos y desaparecidos de los dos bandos contendientes. Tal vez, la mayor y más trágica pérdida para el progreso de la Ciencia fue la del brillante físico británico Henry Moseley. En aquel entonces, Moseley estaba considerado como uno de los jóvenes físicos británicos más prometedores del mundo y uno de los más geniales experimentadores de la Historia de la Ciencia, continuador de la trayectoria de Michael Faraday (1791-1867) y Ernest Rutherford (1871-1937, premio Nobel de Química de 1908) su maestro y mentor. Mucho antes de que ocurriera este trágico suceso de guerra había sido propuesto por Svante Arrhenius (1858-1927, premio Nobel de Química en

1903) para optar a los premios Nobel de Física y de Química del año 1915. ¿Cómo es posible que un científico de la talla de Moseley quisiera ir voluntariamente a la guerra a primera línea de fuego desoyendo los lamentos de su madre y los consejos y ruegos de su amigo y mentor Rutherford?

Henry Gwyn Jeffreys Moseley, "Harry", como se le conocía en su ambiente familiar y entre sus amistades, procedía de una distinguida familia por sus relevantes contribuciones a la Ciencia tanto por el lado paterno como el materno. Nació en Weymouth, Dorsetshire, en la costa sur de Gran Bretaña, el 23 de noviembre de 1887. Era el tercer hijo de la familia compuesta por sus padres Henry Nottidge Moseley (1844-1891), su madre Amabel Gwyn Jeffreys Moseley y sus dos hermanas Betty, nacida en 1883, y Margery, que vino al mundo en 1884. Su padre fue



Los padres de Henry.

<http://bit.ly/1j0XjaO>



Moseley después de ingresar en Oxford (1906).

<http://bit.ly/1j0XjaO>

zoólogo, profesor de Anatomía y Fisiología en la Universidad de Oxford, protegido de Charles Robert Darwin (1809-1882) y fundador de una gran escuela de Zoología en Oxford. Fue miembro científico de la expedición del HMS Challenger (1872-1876), que realizó grandes descubrimientos para establecer las bases de la Oceanografía. De esta expedición nos legó *Notes by a Naturalist on the "Challenger"* (1879). Además, fue *Fellow of the Royal Society* (FRS) desde 1877 hasta el año de su fallecimiento. El abuelo paterno de Harry, Canon Henry Moseley (1801-1872), fue

FRS y el primer profesor de Física y Matemáticas del

King's College de Londres y una autoridad internacional en Arquitectura Naval. Su abuelo materno, John Gwyn Jeffreys (1809-1885), fue oceanógrafo, FRS y decano de los conchilólogos —científico que estudia las conchas de los moluscos— británicos. Entre sus amigos de la infancia destacan los FRS: Julian Sorell Huxley (1887-1975), hermano del escritor Aldous Huxley (1894-1963) y primer director de la UNESCO y Charles Galton Darwin (1887-1962), nieto de Charles Darwin. Es una curiosa coincidencia que los tres amigos nacieran en el mismo año de 1887.

“¿Cómo es posible que un científico de la talla de Moseley quisiera ir voluntariamente a la guerra a primera línea de fuego?”.

El padre de Harry murió el 10 de noviembre de 1891, a los 47 años de edad de esclerosis cerebral, antes de que su hijo cumpliera los cuatro años. Al enviudar su madre se trasladó a Chilworth, cerca de Guildford en Surrey (sudeste de Inglaterra), donde Harry y sus hermanas completaron la educación elemental. Su madre se ocupó de que sus hijos recibieran una esmerada formación basada en el estudio de la Música, las Matemáticas y los idiomas. A los nueve años Harry fue enviado a *Summer Fields School* cerca de Oxford, que era la escuela preparatoria para los *King's Scholars*, premiados con becas para ingresar en *Eton College*.

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

Antes de ingresar en Eton ocurrió una nueva desgracia familiar, su hermana mayor Betty fallecía en 1899 con tan sólo dieciséis años. A partir de entonces, su hermana Margery, tres años mayor que Harry, se convertiría en su confidente y mejor amiga de juegos con quien realizaba expediciones para coger nidos. Tuvo que superar un duro examen para entrar en esta prestigiosa institución en la que ingresó en 1901 a los 13 años. Eton estaba considerada como la escuela pública más famosa del mundo y había sido fundada en 1441 por el rey Enrique VI. Destacó en Matemáticas y comenzó sus estudios de Química y Física para graduarse en Ciencias Naturales.

En 1906, Henry ingresó en el *Trinity College* de la Universidad de Oxford con una beca Millard para cursar Ciencias Naturales, donde se licenció en 1910. Obtuvo

los grados de Matemáticas (primera clase), y Físicas (segunda clase) lo que siempre consideró un gran fracaso. Durante su estancia en Eton tuvo un profesor que ejerció una gran influencia en Moseley: Thomas Cunningham Porter (1860-1933), uno de los primeros ingleses en experimentar con los rayos X. Porter publicó en 1896 dos artículos en la revista *Nature* sobre la radiación Röntgen, quien había descubierto los rayos X en noviembre de 1895. Porter era uno de los profesores preferidos de Moseley, ya que utilizaba pocos textos y realizaba experimen-

“Moseley mostró desde muy temprano una marcada originalidad y un gran entusiasmo por la Ciencia”.

Ernest Rutherford.

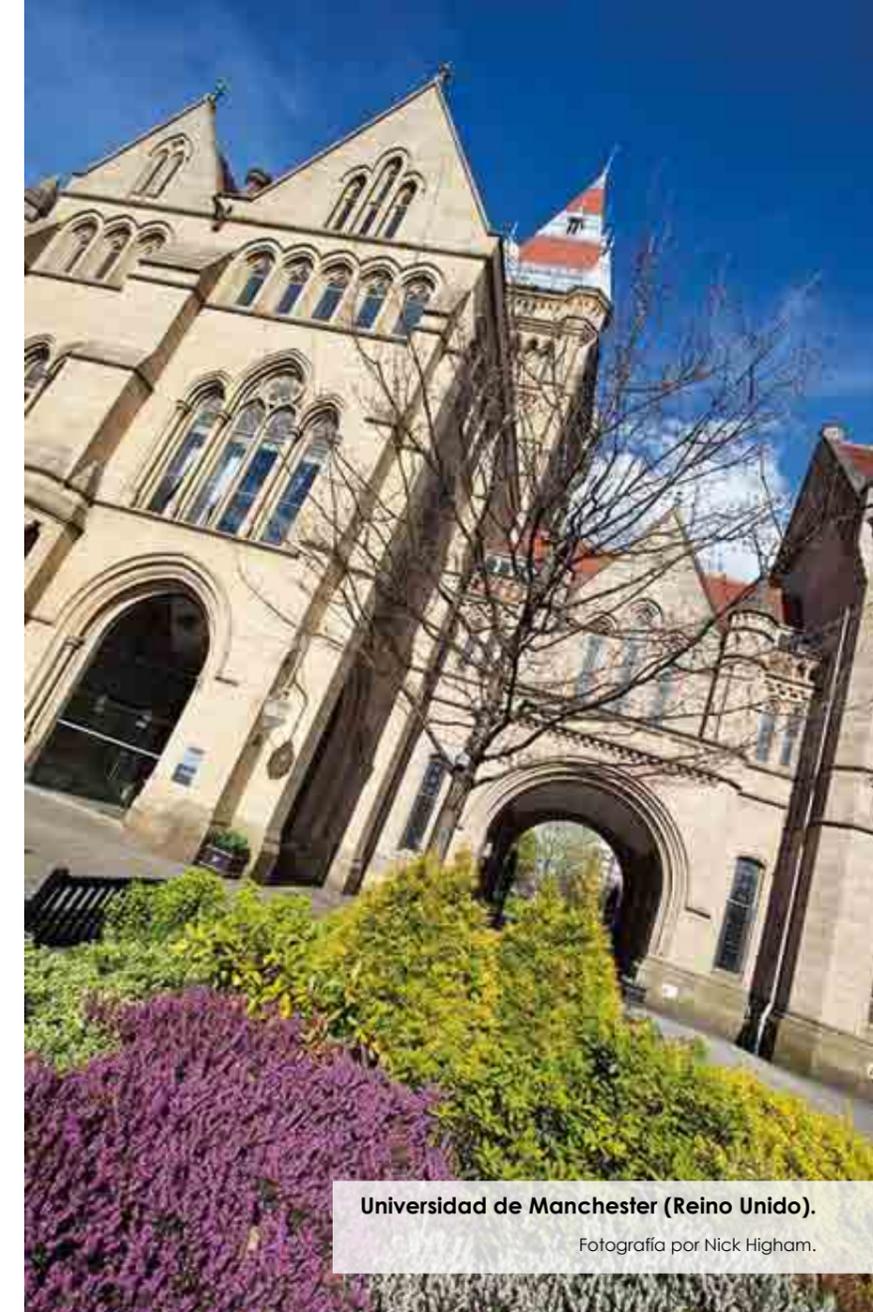


Moseley en el laboratorio Balliol-Trinity de la Universidad de Oxford en 1910.

<http://bit.ly/1hneMuX>

tos desafiantes. Antes de dejar Eton, Henry se especializó en el análisis cuantitativo y, entre otros experimentos, midió el punto de congelación de las disoluciones salinas a diversas temperaturas. Antes de graduarse en el *Trinity College*, Moseley contactó con el profesor Ernest Rutherford, que para entonces ya era premio Nobel de Química, en la Universidad Victoria de Manchester a quien le expresó el deseo de trabajar con él. Rutherford lo aceptó y comenzó a trabajar bajo su dirección en septiembre de 1910.

En el artículo que Rutherford escribió el 9 de septiembre de 1915 en *Nature* tras la muerte de Moseley decía de él: “Moseley mostró desde muy temprano una marcada originalidad y un gran entusiasmo por la Ciencia. Un año antes de graduarse [1909] había decidido llevar a cabo un trabajo original en física, y visitó Manchester para discutir el asunto conmigo. Tras su graduación, fue nombrado profesor ayudante de clases prácticas en el departamento de Física de la Universidad de Manchester, e inmediatamente dedicó todo su tiempo libre a la investigación. Después de dos años renunció a su puesto de profesor ayudante para dedicar todas sus energías a la investigación, y fue premiado con una beca John Harling”. Inicialmente, Moseley trabajó con Rutherford en problemas de radiactividad. El primer reto científico de investigación que Rutherford le propuso fue la determinación del número de partículas β que se expulsaban en la desintegración del radio B (^{214}Pb) o radio C (^{214}Bi). El resultado final al que llegó fue una partícula β , que era el correcto. Durante este



Universidad de Manchester (Reino Unido).

Fotografía por Nick Higham.

periodo aprendió técnicas de vacío y radiactividad. Se pasaba más de quince horas trabajando en el laboratorio en los problemas que Rutherford le proponía. A Moseley no le gustaba la docencia. Su verdadera pasión era la investigación. Heilbron, sin duda, su mejor biógrafo, decía: “Moseley encontró a los estudiantes estúpidos y provincianos y enseñó sin entusiasmo”. Colaboró en pequeños proyectos que le permitían trabajar con partículas α y rayos γ , que finalizó en la primavera de 1912 junto con su actividad docente. En otoño de 1912, con la beca del industrial de Manchester John Harling, Moseley se dedicó a tiempo completo a su verdadera vocación: la investigación.

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra



Rutherford con los miembros de su laboratorio en la Universidad Victoria de Manchester en 1910. Moseley es el segundo por la izquierda de la primera fila.

<http://www.angelfire.com>

.....

Desde finales de 1911, el físico danés Niels Bohr (1885-1962, premio Nobel de Física en 1922) realiza una estancia postdoctoral, becado por la Fundación Carlsberg, en Inglaterra primero con Josep John "J. J." Thompson (1856-1940, premio Nobel de Física en 1906) en la Universidad de Cambridge con quien no congenió y tuvo una mala experiencia. Desde marzo hasta julio de 1912 va a trabajar en el laboratorio de Rutherford en Manchester, donde adapta el modelo planetario de éste a la teoría de Plank. Hay que detenerse un momento para pensar que, en aquel año de 1912, se encontraron en la Universidad Victoria de Manchester, entre otros, tres grandes genios de la Física: Rutherford, Moseley y Bohr, que con sus aportaciones individuales cambiaron el curso de la Historia de la Ciencia en aspectos tan esenciales como la estructura del átomo, los primeros modelos atómicos y la ordenación de los elementos químicos de la tabla periódica. Para ello utilizaron y contribuyeron a desarrollar de manera decisiva las incipientes, pero poderosas, áreas de la Ciencia como: la radiactividad, la difracción de los rayos X y la mecánica cuántica. Basándose en las teorías de Rutherford,

Bohr publica en 1913 una serie de tres artículos que fueron comunicados por Ernest Rutherford en la revista *Philosophical Magazine* con el título *On the Constitution of Atoms and Molecules I, II y III* en los que desarrolla su modelo atómico introduciendo en el modelo de Rutherford la cuantización a partir de ciertos postulados.

Cuando Moseley conoce los trabajos de Max von Laue (1879-1960, premio Nobel de Física en 1914) sobre la difracción de los rayos X por los cristales y los experimentos realizados por Walter Friedrich (1883-1968) y Paul Knipping (1883-1935) sugeridos por Laue en julio de 1912, pide permiso a Rutherford para comenzar sus investigaciones independientemente de él en el campo de los rayos X. Trató de reconciliar las ideas de Laue con los experimentos de William Henry Bragg (1862-1942, premio Nobel de Física de 1915, compartido con su hijo William Lawrence Bragg (1890-1971)) sobre su naturaleza ondulatoria. Visitó a William H. Bragg, que era catedrático de Física en la Universidad de Leeds e inventor del espectrómetro de rayos X, quien le ins-

truye en las técnicas de la difracción. Para llevar a cabo este estudio solicita la colaboración de su amigo el físico matemático Charles Galton Darwin. Fruto de esta colaboración, Darwin y Moseley publicaron un excelente artículo en julio de 1913 en la revista *Philosophical Magazine*, titulado: *The Reflexion of the X-rays*. Moseley y Darwin descubrieron que la radiación procedente de un tubo de rayos X utilizando platino como anticátodo era de dos tipos: 1) radiación de una longitud de onda indefinida análoga a la luz blanca y 2) cinco tipos de radiación monocromática, probablemente característica del platino. Ellos establecieron las bases de

la espectroscopía de rayos X. La ley de Bragg ($n\lambda = 2d \sin\theta$) fue empleada para calcular las longitudes de onda de los cinco tipos de radiaciones monocromáticas. También encontraron que los rayos X no se formaban en el cristal porque todas sus propiedades eran independientes de la naturaleza del cristal reflectante. Tras la publicación de este trabajo, Darwin decidió dejar la investigación sobre los rayos X y continuar con otros problemas relacionados con la Física matemática. Por su parte, Moseley creyó que podía acometer el proyecto en solitario. Pensó que el descubrimiento de las longitudes únicas de los rayos X de cada elemento conocido podía ofrecer a la Ciencia una poderosa herramienta que permitiría iluminar los secretos de la estructura del átomo.

Tras su estancia en Leeds e instalado de nuevo en Manchester, Moseley utiliza la radiación X, adopta la ecuación de Bragg y su método para determinar la acción de los rayos X sobre distintos elementos químicos desde el aluminio al oro y descubre la ley que lleva su nombre. Introduce un importante cambio: sustituye la cámara de ionización de Bragg por la placa fotográfica como detector. Su dieta en aquellos días era muy frugal. Su comida consistía en fruta, cenaba pan y queso y comía alguna cosa a las tres de la madrugada, si es que encontraba algún local abierto en Manchester a esas horas.

En el verano de 1913, Moseley comienza sus estudios de irradiar distintos metales con los rayos X. Empieza con la pareja cobalto y níquel. Para medir con mayor celeridad las muestras, inventa un ingenioso dispositivo que le permite cambiar el anticátodo en el tubo de rayos X sin inte-

“En aquel año de 1912, se encontraron en la Universidad Victoria de Manchester tres grandes genios de la Física: Rutherford, Moseley y Bohr”.

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

rumpir el vacío. Comprueba que la frecuencia de los rayos X está relacionada con el número atómico (Z) y no como se creía hasta entonces con el peso atómico (A).

En noviembre de 1913, Rutherford le ofrece una plaza para que permanezca a su lado, Moseley la rechaza porque se había comprometido con la Universidad de Oxford. Continúa sus investigaciones iniciadas en Manchester y ocupará una cátedra de Física cuando quede vacante, a la vez que le permitía estar más cerca de su madre. Allí dispondrá de un laboratorio peor dotado que el de Manchester y desarrollará sus investigaciones con una beca

del Instituto Internacional de Física Solvay. En diciembre de este año y comunicado por Rutherford, publica en la revista *Philosophical Magazine* su artículo seminal *The High Frequency Spectra of the Elements* (Manchester, 1913). Rutherford resume este periodo de la vida de Moseley en su artículo de *Nature* antes citado con estas palabras: "El pasado año [1914, en realidad, dejó Manchester en noviembre de 1913] marchó a Oxford para vivir con su madre, y continuar sus experimentos en el laboratorio del profesor Townsend". En su artículo Moseley examina doce metales, los comprendidos entre el calcio y el cinc, a excepción del escandio, que aunque se conocía, Moseley no pudo obtener una muestra del mismo. Observa que los espectros de algunos elementos contenían otras líneas de menor intensidad. Moseley piensa que estas líneas se deben a la presencia de impurezas en las muestras metálicas. Para probar esta idea, analiza el latón y encuentra las líneas K_{α} y K_{β} características del cobre y el cinc. Moseley concluye: "La prevalencia de las líneas debidas a las impurezas sugieren que esta [técnica] puede ser un poderoso método de análisis químico. Su ventaja sobre los métodos espectroscópicos ordinarios se halla en la simplicidad de los espectros y en la imposibilidad de que una substancia enmascare la radiación de otra. Incluso puede conducir al descubrimiento de elementos perdidos, porque será posible predecir la posición de sus líneas características". El tiempo demostraría que esta idea era totalmente co-

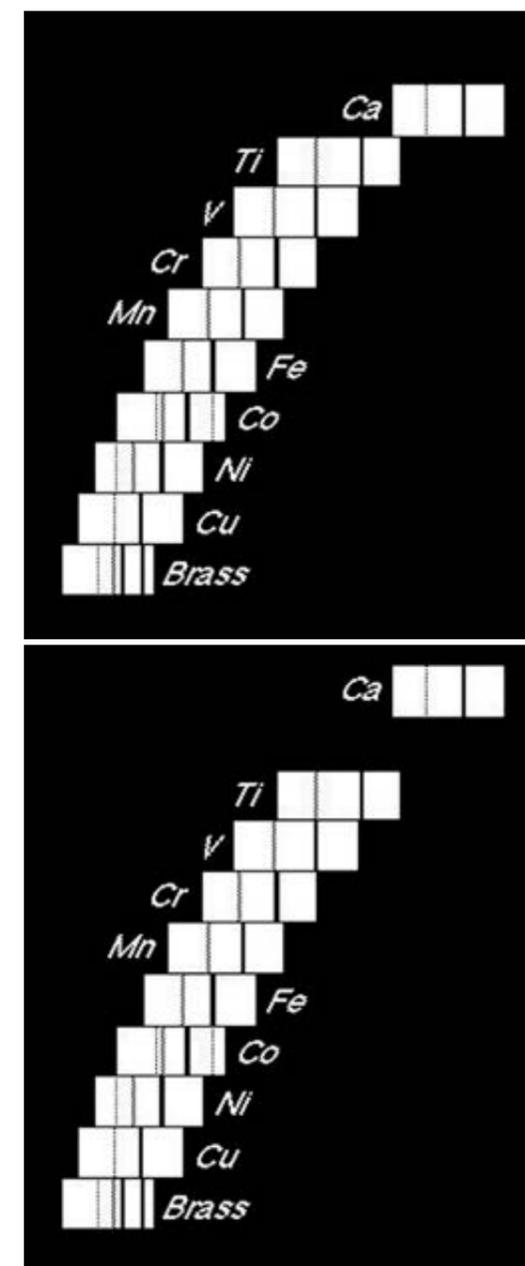
"La ley de Moseley es históricamente importante porque justificaba el modelo nuclear del átomo de Rutherford".

recta. Moseley generó un diagrama utilizando los espectros de rayos X en orden decreciente de sus pesos atómicos desde la izquierda hasta la derecha con el espectro del latón (aleación de cobre y cinc) en la parte inferior y el del calcio en la parte superior. Este célebre diagrama se conoce como la "escalera de Moseley" o "ley de Moseley". Esta ley es históricamente importante porque justificaba el modelo nuclear del átomo de Rutherford.

En abril de 1914, publica la segunda parte de su artículo *High Frequency Spectra of the Elements. Part II*. En esta ocasión, es el propio Moseley quien lo comunica a la revista *Philosophical Magazine*. En su segundo artículo sobre el estudio de los espectros de alta frecuencia de los elementos químicos recoge un sumario con las principales conclusiones de su trabajo, que por su trascendencia para la Ciencia se transcriben a continuación:

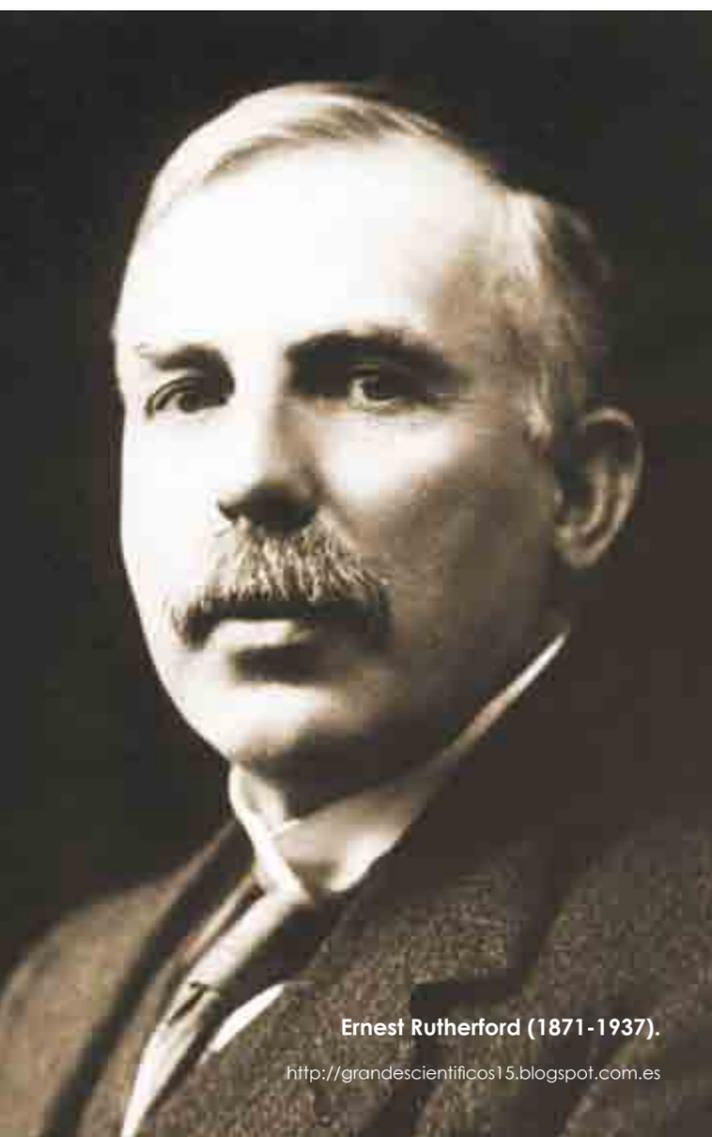
Sumario.

1. Cada elemento desde el aluminio al oro se caracteriza por un número entero N que determina su espectro de rayos X.
2. Este número entero N , el número atómico del elemento, se identifica con el número de unidades positivas de electricidad contenidas en el núcleo.
3. Los números atómicos de todos los elementos desde el Al hasta el Au han sido tabulados suponiendo que N para el Al es 13.
4. El orden de los números atómicos es el mismo que el de los pesos atómicos, excepto donde los últimos no concuerdan con el orden de las propiedades químicas.
5. Los elementos conocidos se corresponden con todos los números entre 13 y 79 excepto tres. Hay aquí tres posibles elementos que todavía no se han descubierto.
6. La frecuencia de cualquier línea en el espectro de rayos X es aproximadamente proporcional a $A(N - b)^2$, donde A y b son constantes.



La escalera de Moseley (1913).

<http://bit.ly/12gaOff>



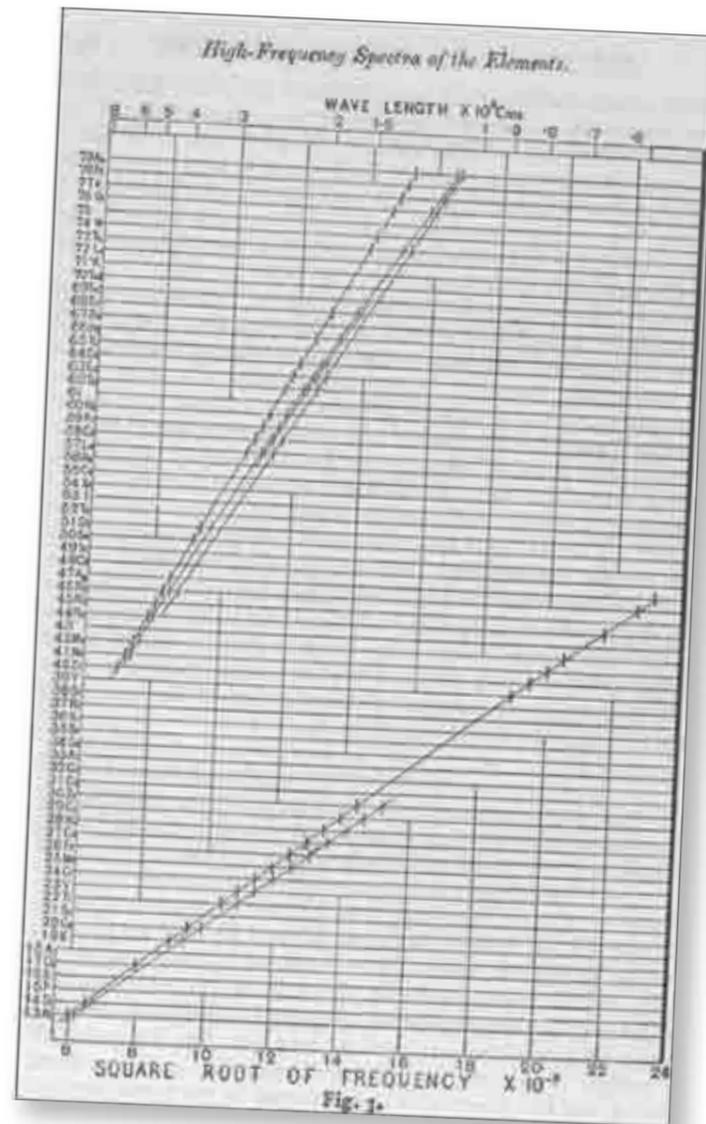
Ernest Rutherford (1871-1937).

<http://grandescientificos15.blogspot.com.es>

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

En este artículo confirma la ley que lleva su nombre (o de los números atómicos), $\nu = A(N - b)^2$, donde ν es la frecuencia de las líneas espectrales de los rayos X, N es el número atómico (actualmente se representa por Z , que es el número de protones del núcleo atómico, y que define sus propiedades físicas y químicas), A y b son dos constantes de las líneas espectrales. En su ley, relaciona la raíz cuadrada de la frecuencia de las líneas espectrales de los rayos X de cada elemento con el número atómico. Aunque su estudio abarca los elementos del aluminio al oro, su ley permite predecir la existencia de nuevos elementos más allá del uranio ($Z = 92$), el elemento químico de mayor valor de Z conocido en 1914. En este artículo destaca la figura que relaciona el número atómico (N , según su expresión) con la raíz cuadrada de la frecuencia de las series espectrales K y L. En la parte inferior derecha de la gráfica original que se conserva en la sala de Moseley del Laboratorio Clarendon de la Universidad de Oxford se puede leer el siguiente texto: "curve drawn by H. G. J. Moseley in 1914 in the Electrical Laboratory. (see *Phil. Mag.* Vol. 27. P703 April 1914) J S Townsend". Sin embargo, en esta gráfica se aprecian algunas incorrecciones en algunos elementos de

las tierras raras. Entre los elementos de números atómicos 66 y 72, cambia el orden del Dy y el Ho, al elemento con $N = 70$ lo llama TmII (ahora es el Yb), a los elementos con $N = 71$ y 72 los identifica como Yb y Lu (en la actualidad son Lu y Hf, respectivamente). No obstante, los aciertos superan con creces a las imprecisiones. Así, Moseley predice la existencia de tres nuevos elementos no descubiertos hasta entonces, dejando tres huecos sin nombrar, como el tecnecio (Tc, $Z = 43$, aislado por Carlo Perrier y Emilio Segre en Italia en 1937), el prometio (Pm, $Z = 61$, aislado por Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin y Charles D. Coryell en EE. UU. en 1945) y el renio (Re, $Z = 75$, aislado por Walter K. F. Noddack, Ida E.



Relación entre el número atómico de los elementos químicos y la raíz cuadrada de la frecuencia de las líneas espectrales de rayos X (1914).

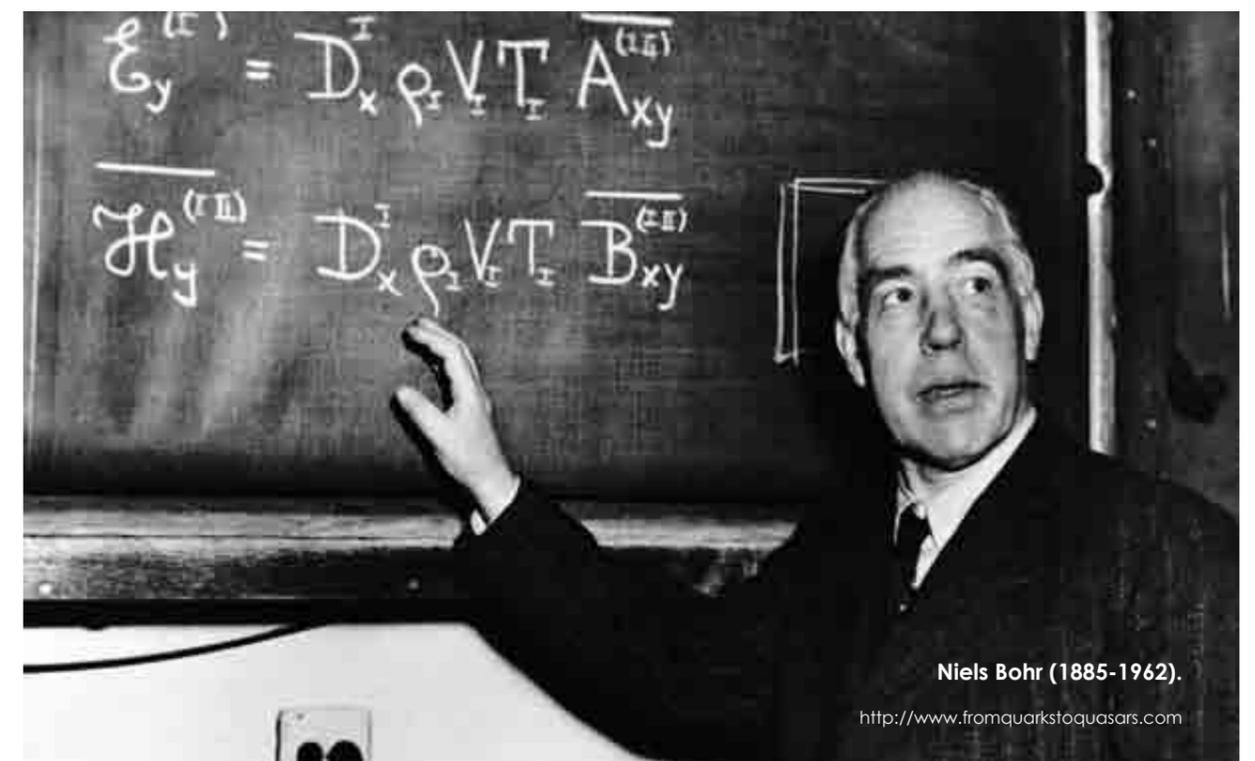
<http://bit.ly/1oM6TI>

“Moseley predice la existencia de tres nuevos elementos no descubiertos hasta entonces, como el tecnecio, el prometio y el renio”.

Tacke y Otto C. Berg en Alemania en 1925), basándose en su nueva ley. Por otra parte, ubica correctamente las parejas de elementos Ar - K, Co - Ni y Te - I, que muestran pesos atómicos anómalos.

En mayo de 1914, Moseley recibe la visita del gran químico francés Georges Urbain (1872-1938), profesor de Química de la Universidad de París. Urbain se había especializado en las técnicas de separación de los elementos de las tierras raras. En 1907, tras 15.000 ciclos de cristalización fraccionada obtuvo el lutecio

($Z = 71$), el último de los elementos de la serie de los lantánidos o tierras raras. También reivindicó en 1911 el descubrimiento del elemento de número atómico 72, al que denominó celtio. Sin embargo, este elemento les fue atribuido a Dirk Coster (1889-1950) y George Charles de Hevesy (1885-1966, premio Nobel de Química en 1943), dos colaboradores de Niels Bohr, que lo descubrieron en Copenhague en 1923, en minerales de circonio y al que dieron el nombre de hafnio (del nombre latino Hafnia que significa Copenhague). En la visita a Moseley, que se hallaba en la Universidad de Oxford, Urbain llevó un importante número de minerales que contenían elementos de las tierras raras. En una semana, Moseley identificó en las muestras de Urbain los elementos erbio, tulio, iterbio y lutecio. Esta caracterización le había llevado a Urbain más de veinte años. Urbain se quedó admirado de la rapidez y precisión del méto-



Niels Bohr (1885-1962).

<http://www.fromquarkstoquasars.com>

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

do de Moseley. Sin embargo, entre las muestras no halló el elemento de número atómico 72, es decir, el celtio. Esto produjo una profunda decepción al químico francés.

En junio de 1914, acompañado de su madre, visita Canadá y Australia para asistir a finales de julio al congreso de la *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) que tendría lugar en Australia y Nueva Zelanda. En Melbourne tomó parte activa en la discusión sobre "Structure of the Atom". En Sydney informó sobre sus más recientes investigaciones con los espectros de rayos X de las tierras raras.

El asesinato del archiduque Francisco Fernando de Austria, heredero al trono austrohúngaro, y de su esposa, la condesa Sofía Chotek, el 28 de junio de 1914 en Sarajevo fue el detonante de la Primera Guerra Mundial. El atentado fue consumado por Gavrilo Princip, miembro de la

facción terrorista Mano Negra. La I Guerra Mundial comenzó el día 28 de julio y se prolongaría durante más de cuatro años. La contienda se inició con la invasión de Serbia por Austria-Hungría, seguida de la invasión de Bélgica, Luxemburgo y Francia por el Imperio alemán, y el ataque de Rusia contra Alemania el 29 de julio. Las grandes potencias se implicaron en el conflicto bélico y se alinearon en dos bandos. En un lado se colocaron las Potencias Centrales de la Triple Alianza –formada inicialmente por Alemania, el Imperio austrohúngaro y el Reino de Italia, pero este abandonó la alianza en el verano de 1914, declarándose país neutral, a los que se unieron más tarde el Imperio otomano y el Reino de Bulgaria– y en el otro, los Aliados de la Triple Entente –integrada por el Reino Unido, Francia y Rusia–. Durante la I Guerra Mundial se movilizaron más de 70 millones de soldados, lo que la convierte en uno de los mayores conflictos bélicos de la historia de la humanidad. Aquella horrible

contienda tuvo como escenarios: Europa, África y Oriente Medio. Entre los dos bandos contendientes se produjeron más de 21 millones de heridos y más de 19,5 millones de muertos y desaparecidos entre militares y civiles. Concluyó con la victoria aliada y, además de las pérdidas humanas, se produjo la disolución de los imperios alemán, austrohúngaro, otomano y ruso. El conflicto se cerró en falso y la paz quedó en estado latente para explotar veintiún años más tarde cuando se declaró la II Guerra Mundial. Del desastre que supuso esta guerra dio cuenta Marie Curie (1867-1934, premio Nobel de Física en 1903 y premio Nobel de Química en 1911) a su hija Ève: "La guerra, hija, es la mayor miseria humana y aquella embargó de locura a todo el mundo. Así que decidí invertir mis años de investigación en aliviar el sufrimiento humano". Una de las mayores e irreparables pérdidas para la Ciencia fue la muerte del jovencísimo, prometedor y genial físico británico Henry Moseley.



Henry Moseley con uniforme militar en 1915 .

<http://bit.ly/1j0XjaO>

“Una de las mayores pérdidas para la Ciencia fue la muerte del jovencísimo, prometedor y genial físico británico Henry Moseley”.



Ataque de las tropas británicas en Galípoli el 15 de junio de 1915.

<http://www.centenarynews.com>

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

This is the last will and testament of me Henry Gwyn Jeffreys Moseley Second Lieutenant Royal Engineers now on active service with the British Mediterranean Expeditionary Force I give and bequeath all my estate real and personal and my reversionary interests therein to the Royal Society of London to be applied to the furtherance of experimental research in pathology, physics, physiology, chemistry or other branches of science but not in pure mathematics, astronomy or any branch of science which aims merely at describing, cataloguing, or systematising. Made on the twenty seventh day of June 1915 by me Henry G. J. Moseley

Última voluntad y testamento manuscrito de Moseley (arriba) y casa familiar en la calle Woodstock, nº 48, de Oxford (abajo).

Transcripción del testamento:

"This is the last will and testament of me Henry Gwyn Jeffreys Moseley Second Lieutenant Royal Engineers now on active service with the British Mediterranean Expeditionary Force. I give and bequeath all my estate real and personal and my reversionary interests therein to the Royal Society of London to be applied to the furtherance of experimental research in pathology, physics, physiology, chemistry or other branches of science, but not in pure mathematics, astronomy or any branch of science which aims merely at describing, cataloguing, or systematising. Made on the twenty seventh of June, 1915 by me Henry G. J. Moseley"

<http://bit.ly/MNqg6y> (arriba).
<http://bit.ly/1j0XjaO> (abajo).



Society de Londres para que se apliquen al fomento de la investigación experimental en Patología, Física, Fisiología, Química u otras ramas de la Ciencia, pero no en Matemáticas puras, Astronomía o cualquier rama de la Ciencia que tenga por objeto simplemente describir, catalogar o sistematizar. Hecho el día veintisiete de junio de 1915 por mí, Henry G. J. Moseley".

Participó en algunas escaramuzas cerca del Cabo Helles. Luchó valerosamente en el desembarco de los días 6 y 7 de agosto en Galípoli. Su unidad fue a reforzar un postrero intento de alcanzar la cota de Chunuk Bair. El día 10 de agosto, el coronel Mustafá Kemal Atatürk, padre de la patria turca, condujo un violento contraataque, Moseley murió a los 27 años de edad de un disparo en la cabeza por la bala de un francotirador turco en la Batalla de Galípoli (o de los Dardanelos) cuando estaba telefoneando una orden militar a su División solicitando refuerzos cuando los turcos estaban atacando por su flanco a tan solo 180 metros. Nada ni nadie le hicieron desistir de lo que consideraba su deber: defender a su patria en el campo de batalla. Ni los ruegos de su familia y Rutherford ni el rechazo inicial de los ingenieros le hicieron cambiar de idea. ¿Dónde había aprendido estas patrióticas ideas? Las había adquirido durante su estancia en *Summer Fields School* y en *Eton College*. Otros muchos estudiantes procedentes de estos centros escolares también dieron sus vidas por su patria durante la I Guerra Mundial.

La reacción de los científicos de todo el mundo no se hizo esperar. Al frente de estas protestas en señal de duelo por tan irreparable pérdida se puso Lord Ernest Rutherford, su maestro, amigo y mentor.

BIBLIOGRAFÍA

- Este artículo es una adaptación de la conferencia presentada por el autor en la XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Química, Santander, 15-18 de septiembre de 2013. Libro de Resúmenes de la XXXIV Reunión Bienal de la RSEQ, Simposio sobre Educación, Historia y Divulgación de la Ciencia, Comunicación oral, Vol. 1, pág. 84. <http://bit.ly/17cUeMJ>.
- Miral Dizdaroglu, *Henry Moseley. His life, scientific work and events leading to his death*, International Henry Moseley School and Workshop on X-ray Science, ITAP, Turunç, Marmaris, Turquía, 14-23 de junio de 2012, <http://bit.ly/I77LIS>, visitada el 3/12/2013.
- John L. Heilbron, *The Work of H. G. J. Moseley, Isis* (1966), 57 (3), 336-364, <http://bit.ly/1jCGgfD>, visitada el 3/12/2013.
- John L. Heilbron, *H. G. J. Moseley. The Life and Letters of an English Physicist, 1887-1915*, University of California Press, Berkeley y Los Ángeles, (1974), <http://bit.ly/1cvtbBJ>, visitada el 3/12/2013.
- Cecilia Jarlskog, *Lord Rutherford of Nelson, His 1908 Nobel Prize in Chemistry, and Why He Didn't Get a Second Prize*, Versión extendida de una conferencia presentada en el congreso "Neutrino 2008", Christchurch, Nueva Zelanda, 25-31 de mayo de 2008, <http://bit.ly/RIAARO>, visitada el 3/12/2013.
- Henry G. J. Moseley y Charles G. Darwin, *The Reflexion of the X-rays*, *Phil. Mag.* (1913), 26, 201-232.
- Henry G. J. Moseley y Charles G. Darwin, *The reflection of the X rays*, *Nature* (1913), 90, 594-594.
- Henry G. J. Moseley *The High Frecuency Spectra of the Elements*, *Phil. Mag.* (1913), 26, 1024-1034.
- Henry G. J. Moseley *The High Frecuency Spectra of the Elements. Part II*, *Phil. Mag.* (1914), 27, 703-713.

Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra

DEL HIDRÓGENO (Z = 1) AL CALCIO (Z = 20)

Uno, hidrógeno, hache,
Dos, helio, hache e,
Tres, litio, ele i,
Cuatro, berilio, be e,
Cinco, boro, be,
Seis, carbono, ce,
Siete, nitrógeno, ene,
Ocho, oxígeno, o,
Nueve, flúor, efe,
Diez, neón, ene e.
Once, sodio, ene a,
Doce, magnesio, eme ge,
Trece, aluminio, a ele,
Catorce, silicio, ese i,
Quince, fósforo, pe,
Dieciséis, azufre, ese,
Diecisiete, cloro, ce ele,
Dieciocho, argón, a erre,
Diecinueve, potasio, ka,
Veinte, calcio, ce a.

Tras esta irreparable pérdida personal y gran tragedia para el progreso de la Ciencia, el Gobierno de la Gran Bretaña prohibió que los jóvenes y prometedores científicos fueran al campo de batalla. Podían hacer un mejor servicio a la patria investigando en los laboratorios donde se desarrollaban nuevas armas, explosivos o dispositivos de defensa como el sónar o el radar.

A pesar de su juventud, desde su incorporación al laboratorio de Rutherford en septiembre de 1910 hasta su embarco hacia Australia en junio de 1914, en menos de cuatro años tuvo tiempo de publicar diez artículos en las revistas científicas de mayor prestigio de la época. Dos de ellos, que publicó en solitario, *The High Frequency Spectra of the Elements* (Manchester, 1913) y *High Frequency Spectra of the Elements. Part II.* (Oxford, 1914) eran merecedores del premio Nobel de Física o Química, que bien podía haber obtenido, según unos autores en 1915 o en 1916, según otros, aunque en este último año ambos premios quedaron desiertos a causa de la guerra. Su muerte prematura le privó de obtener tan honroso galardón científico.

Muchos han sido los científicos que han contribuido a edificar uno de los más valiosos iconos de la Ciencia: la tabla periódica de los elementos químicos. Unos, descubriendo nuevos elementos, y otros, tratando de buscar una correlación que los relacione entre sí o una organiza-

ción para poderlos acomodar racionalmente. De entre todos ellos, hay dos que brillan con luz propia, el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907) y el británico Henry Moseley. El primero propuso en 1869 su ley periódica que dice: "La ley periódica de Mendeléiev establece que las propiedades físicas y químicas de los elementos son función periódica de sus pesos atómicos", mientras que "la ley periódica de Moseley establece que las propiedades físicas y químicas de los elementos son función periódica de sus números atómicos". Esta ley justifica la clasificación actual de los elementos químicos de la tabla periódica en orden creciente de su número atómico. Además, fue capaz de predecir dónde se ubicarían los nuevos elementos todavía sin descubrir.

De este modo, la tabla periódica de los elementos químicos se convierte en el icono de la Ciencia por excelencia, donde están contenidos todos los ladrillos para construir el mundo material. Gracias a Moseley, ahora nadie puede decir que es difícil aprender y entender la tabla periódica, ya que sigue una pauta muy sencilla: está ordenada por su número atómico y crece de uno en uno. En la actualidad, se conocen 118 elementos químicos. Por ello, nadie puede aducir que no sabe contar desde el número 1 (H, Z = 1) hasta el 118 (Uuo, Z = 118). Otra cosa muy distinta es asociar a cada número atómico, el nombre del elemento y su símbolo correspondiente. Para ayudar a los más jóvenes en la tarea de aprender la tabla periódica de memoria y cantando se me ocurrió en 2011 crear la *Marcha de los elementos químicos*, que apareció publicada en la revista *Anales de Química* de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ), basada en la ley de Moseley. A modo de ejemplo, se reproducen los veinte primeros versos de la *Marcha de los elementos químicos* en la tabla adjunta.

Pascual Román

Dpto. de Química Inorgánica
Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco

“La ley periódica de Moseley establece que las propiedades físicas y químicas de los elementos son función periódica de sus números atómicos”.

Letra de los primeros veinte elementos químicos en estrofas de diez versos (arriba) y placa dedicada a Henry Moseley (abajo).

<http://bit.ly/1gm3eFf>

- Henry Gwyn Jeffreys Moseley, Complete Dictionary of Scientific Biography, 2008, <http://bit.ly/19bkdsm>, visitada el 3/12/2013.
- Henry Gwyn Jeffreys Moseley, Encyclopedia Britannica, <http://bit.ly/1f116BQ>, visitada el 3/12/2013.
- Henry Moseley, Wikipedia: en español, <http://bit.ly/HVoz9F>, en inglés, <http://bit.ly/AIWFPI>, visitadas el 3/12/2013.
- Primera Guerra Mundial, Wikipedia: en español, <http://bit.ly/1krAHOR>, en francés, <http://bit.ly/1iOMB9X>, en inglés, <http://bit.ly/1iOLQxr>, visitadas el 3/12/2013.
- Richard Reeves, *A Force of Nature: The Frontier Genius of Ernest Rutherford*, W. W. Norton, New York, (2008).
- Pascual Román, *La marcha de los elementos químicos*, *An. Quím.* (2011), 107 (3), 262–265, <http://bit.ly/1304wyq>, visitada el 3/12/2013.
- Pascual Román, *Marie Curie: ciencia y humanidad*, *con-Ciencias.digital* (2012), 9, 48–59, <http://bit.ly/18hUslw>, visitada el 3/12/2013.
- Pascual Román, *Ernest Rutherford: padre de la física nuclear y alquimista*, *con-Ciencias.digital* (2013), 11, 4–19, <http://bit.ly/1jRySKL>, visitada el 3/12/2013.
- Ernest Rutherford, *Henry Gwyn Jeffreys Moseley*, *Nature* (1915), 96, 33–34.
- George Sarton, *Moseley: The Numbering of the Elements*, *Isis* (1927), 9, 96–111, <http://bit.ly/1e0gXnL>, visitada el 3/12/2013.