

# ENSEÑANZA

Iniciamos esta sección con dos trabajos dentro del apartado dedicado a temas relacionados con la enseñanza de las Ciencias en la UNED. El primero de ellos reivindica el papel crucial de Mendeleiev en la organización actual de los elementos químicos en la tabla periódica. Sin sus esfuerzos por ponerlos en orden, prediciendo incluso la existencia de elementos desconocidos en la época, la química no hubiera seguido el espectacular desarrollo que tuvo a partir de entonces. El segundo trabajo está dedicado a las relaciones entre la industria farmacéutica y los laboratorios de investigación universitarios; la primera, interesada en la fabricación de fármacos que resuelvan los problemas de salud de la población y en la comercialización de los mismos que, obviamente, debe producir una rentabilidad económica; los segundos, los laboratorios universitarios, dedicados fundamentalmente a la investigación básica, encuentran en esta alianza una forma de financiación de sus proyectos. Su colaboración permite abastecer las necesidades de desarrollo de ambos y, lo que es más importante, la transferencia de su trabajo a la sociedad. Las autoras nos describen cómo se organiza esta actividad investigadora y productiva conjuntamente para llevar a cabo las tareas de investigación, desarrollo, inno-

vación y comercialización que satisfagan los intereses de ambas partes. Deseamos que esta información oriente a muchos estudiantes en la elección de su futuro profesional.

En el apartado de *Taller y Laboratorio* presentamos como *Experimento casero* la determinación de la viscosidad del aceite de oliva, como *Experimento histórico*, la obtención de los primeros datos científicos sobre la composición del aire, y como *Ingenio en el experimento* reproducimos los aspectos más importantes del experimento de Abbe-Porter sobre el filtrado óptico espacial.

En el apartado de *Nuevas tecnologías en Enseñanza* se presenta una amena contribución en clave de entrevista sobre la utilización simultánea de las videoconferencias y las tutorías en la asignatura de Análisis Matemático de la Escuela Universitaria de Informática.

El Museo de la Ciencia y de la Técnica de Tarrasa nos presenta su sistema de conservación y divulgación del patrimonio científico, técnico e industrial de Cataluña.

Y, por último, presentamos reseñas de material didáctico de utilidad para nuestros lectores: nueve libros, un CD, un programa de ordenador y las páginas web del Departamento de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas.

---

## ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO PROFESIONAL

---

### Cada cosa en su sitio. Mendeleiev y la tabla periódica

A lo largo del siglo XIX, existió un curioso paralelismo entre las historias de la química orgánica y de la inorgánica. Durante las primeras décadas se sintetizaban fundamentalmente compuestos orgánicos y algunos elementos químicos. A finales de este siglo el mundo de los compuestos orgánicos se puso en orden gracias a las fórmulas estructurales de Kekulé. También se fue ordenando el mundo de los elementos químicos y al menos, parte del mérito de ambos cambios, se debió a la primera reunión internacional de químicos, celebrada en 1860 en la ciudad alemana de Karlsruhe. Se fueron descubriendo paulatinamente nuevos elemen-

tos, además de los nueve ya conocidos desde la antigüedad (siete metales: oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo y mercurio y dos no metales: carbono y azufre), los cuatro estudiados por los alquimistas medievales (cobalto, níquel, manganeso y molibdeno), y de los elementos gaseosos (nitrógeno, hidrógeno, oxígeno y cloro). Así, en la primera década del siglo XIX se añadieron a la lista más de catorce nuevos elementos, y hacia 1830 se conocían cincuenta y cinco elementos diferentes. Este número era ya demasiado grande como para impacientarse a los químicos. Parecía existir poco orden entre ellos y sus propiedades variaban

extensamente. ¿Cuántos más quedaban por descubrir? Era tentador buscar un orden en el conjunto de elementos ya conocidos. Quizás, de este modo, podría hallarse una razón para justificar la variación de sus propiedades.

El primer intento de alcanzar el orden lo realizó en 1829 el químico alemán Wolfgang Döbereiner, que observó que el bromo, descubierto tres años antes, parecía tener propiedades intermedias entre el cloro y el yodo. Cloro, bromo y yodo mostraban una progresiva gradación en sus propiedades y, además, el peso atómico del bromo estaba justo a mitad de camino entre los del cloro y el yodo. Döbereiner encontró otros dos grupos de tres elementos que mostraban claras gradaciones en sus propiedades: (calcio, estroncio y

bario) y (azufre, selenio y telurio). Döbereiner llamó a estos grupos “tríadas”, y continuó insistentemente buscando otras. Sin embargo, aún quedaban muchos elementos sin poder colocarse en ninguna tríada, por lo que sus conclusiones no tuvieron más trascendencia. Hasta mediados del siglo XIX, existió gran confusión entre peso atómico, peso molecular y peso equivalente. Fue Kekulé, quien advirtió que si los químicos no se ponían de acuerdo, resultaría difícil deducir fórmulas estructurales y fórmulas empíricas. Por ello, propuso una conferencia de los químicos más relevantes de Europa para llegar a un acuerdo. Así se celebró la primera reunión científica internacional de la historia en el año 1860, en Karlsruhe. A ella asistieron ciento cincuenta representantes. Entre ellos Cannizzaro defendió la hipótesis de Avogadro para distinguir entre peso molecular y peso atómico. El congreso sirvió para aclarar y unificar el concepto de peso atómico, destacándose la importancia de la Tabla de pesos atómicos propuesta por Berzelius en 1828.

La química orgánica se benefició de estos acuerdos, pues los científicos adoptaron los mismos criterios sobre fórmulas empíricas. Para la química inorgánica las conclusiones allí alcanzadas sirvieron para ordenar los elementos según su peso creciente.

En 1862, después de que Cannizzaro estableciera la importancia del peso atómico para el trabajo de la Química, Alexandre Beguyer comprobó que los elementos se podrían ordenar en forma de Tabla por orden creciente del peso atómico. De esta forma, los de propiedades similares se hallaban en la misma columna. Dos años después, Alexander Newlands, propuso la misma distribución, de forma independiente de Beguyer. Observó que al disponer los elementos en columnas verticales de siete, los que eran semejantes quedaban en la misma fila horizontal. De este modo, las tríadas del Döbereiner quedaban en dichas filas. Newlands llamó a esto la “ley



Figura 1. Retrato de Dimitri Ivanovich Mendeleiev.

de las octavas”. Desafortunadamente mientras unas filas agrupaban elementos semejantes, otras incluían elementos muy distintos entre sí. Por ello, su trabajo no prosperó y fue ignorado sin ser publicado. Tendrían que pasar muchos años para reconocer universalmente la importancia de sus aportaciones.

Julius Lothar Meyer (1830-1895) tuvo más suerte, pues consideró el volumen ocupado por algunos pesos fijos de distintos elementos. En estas condiciones, cada peso contenía el mismo número de átomos, y se podía hablar de *volúmenes atómicos*. Al representar los volúmenes atómicos en función de los pesos atómicos, se obtenían unas ondas que alcanzaban valores máximos en los metales alcalinos. Cada descenso y subida a un máximo correspondía a un *período* en la tabla de los elementos. Al mismo tiempo, en cada período también

descendían y subían otras propiedades físicas. Meyer comprobó que no se podía cumplir la ley de las octavas de Newlands a lo largo de toda la tabla, ya que los últimos períodos tenían que ser más largos. Aunque Meyer publicó su hallazgo en 1870, un año antes, Dimitri Ivanovich Mendeléiev (1834-1907) había llegado al mismo resultado y había publicado el cambio de longitud de los períodos, demostrando de manera brillante la existencia del orden entre los elementos. Mendeléiev asistió al congreso de Karlsruhe y allí escuchó a Cannizzaro hablar del peso atómico. A raíz de esto, comenzó a estudiar los elementos según su peso atómico creciente. Estudió la valencia de los elementos. Construyó una tabla en la que demostraba la repetición periódica de propiedades químicas similares. En primer lugar se situaba el hidrógeno solo; después dos períodos de siete elementos cada uno y a continuación períodos que contenían más de siete elementos. Esta *tabla periódica de los elementos* era más clara que las propuestas anteriormente, y fue publicada en 1869. Con ella, Mendeléiev fue capaz de llevar más allá que otros investigadores sus ideas. Por ello, a este químico ruso se le reconoce como el investigador que puso “*en orden a los elementos*”. Además cuando Mendeléiev no conseguía encajar algún elemento, dejaba un hueco vacío en la tabla y advertía que aún faltaban elementos por descubrir. Pero todavía fue más

*“En un sueño, vi una tabla en la que todos los elementos encajaban en su lugar. Al despertar, tomé nota de todo en un papel”.*

*“El primero de mis servicios a la patria, la ciencia; el segundo, la enseñanza; el tercero, la industria”.*

*“Allí donde la ciencia es grande, no es menor el hombre, y allí antes o después confluyen la riqueza y la fuerza”.*

*“¿Qué no habré hecho yo en mi vida! Yo mismo me quedo asombrado”.*

*Dimitri Ivanovich Mendeleiev*

Figura 2. Pensamientos de Dimitri Ivanovich Mendeleiev.

osado y se atrevió a describir las características que debían presentar cada uno de los elementos que rellenarían esos huecos vacíos. Para ello, como guía utilizó las propiedades de los elementos ubicados por encima y por debajo de cada hueco en la Tabla. Afortunadamente, los tres elementos profetizados con gran intuición por Mendeléiev fueron descubiertos antes de su muerte. Así, pudo disfrutar del triunfo de su clasificación. En 1875, el químico francés Lecoq de Boisbaudran descubrió el "galio" (del latín *gallium*, Francia). En 1879, el químico sueco Lars Fredrik Nilson describió el "escandio" (por Escandinavia) y en 1886, el químico alemán Alexander Winkler descubrió el "germanio" (de Alemania). Estos tres elementos (a los que Mendeléiev, incluso llegó a poner nombres; eka-boro, eka-aluminio y eka-silicio, respectivamente) mostraban casi exactamente las propiedades que él predijo. A pesar del gran esfuerzo de Mendeléiev, los químicos seguían siendo escépticos, y lo hubieran seguido siendo si no se hubieran confirmado las predicciones de Mendeléiev. El establecimiento de la *clasificación periódica de los elementos*, le permitió publicar un libro de texto "*Principios de química*" que resultó trascendental para la enseñanza de la química, y que fue traducido a varios idiomas.

Por todo ello, Mendeléiev es considerado el padre de la *Tabla Periódica* y sus investigaciones son comparables a las de Lavoisier y otros grandes químicos. En definitiva es uno de los científicos más influyentes de todos los tiempos. Vivió casi 73 años, en uno de los períodos más excitantes de la humanidad. Su vida fue apasionante y supo aprovechar su inteligencia y su trabajo para ponerlo al servicio de su país. No recibió de sus compatriotas el reconocimiento merecido, pues sus ideas científicas, sociales y políticas eran demasiado avanzadas, pero sí recibió el reconocimiento de otros países más avanzados científicamente.

La vida y obra de Mendeléiev están muy unidas a las del imperio ruso y a la de los últimos zares de los Romanov. Era una época de profundos cambios sociales y políticos. Nació el 8 de febrero de 1834 en Tobolsk, ciudad siberiana, y murió el 2 de febrero de 1907 en San Petersburgo. Al nacer, Rusia seguía aun el calendario juliano (introducido por Julio César en el año 45 a.C.), mientras que los países católicos se regían por el calendario Gregoriano (promovido por el Papa Gregorio XIII en 1587 y aceptado posteriormente por el resto de los países), adoptado por Rusia, último país en hacerlo, en 1918. Fue en 1923 cuando, Rusia, decidió unirse al calendario del resto de países europeos.

Su padre había estudiado en San Petersburgo, fue director del Instituto de Tobolsk y profesor de lengua rusa en el mismo. Su madre pertenecía a una familia acomodada que había introducido en Siberia las primeras fábricas de vidrio y de papel. Su abuelo fundó la primera imprenta de la ciudad en 1787, editando el primer periódico de Siberia, el *Irtysch*. La madre de Mendeléiev mostró constantemente su interés por la educación de sus hijos, aunque ella nunca asistió a la escuela.

Mendeléiev era un estudiante que pronto destacó en física, matemáticas e historia. Pasaba muchas horas en la fábrica de vidrio en donde aprendió conceptos esenciales del soplado de vidrio. En 1848, un año después de la muerte de su padre y de su hermana, un incendio destruyó la fábrica de vidrio. El dinero ahorrado por su madre podría haber servido para reconstruir la fábrica, pero no fu así. Se invirtió en la formación universitaria de su hijo y, para ello, la familia se trasladó a Moscú. Allí, el descontento social y político era grande y la universidad no admitía a nadie que no fuera de Moscú. Tras ser rechazado varias veces, la familia se trasladó a San Petersburgo. A pesar de encontrar también conflictos políticos y sociales, esta vez tuvo suerte y fue admi-

tido en 1850. A los tres meses su madre falleció de tuberculosis y en 1852, su hermana, de la misma enfermedad. Entonces, Mendeléiev se encontró solo, lejos del resto de su familia. Sin duda, estas muertes marcaron su personalidad y fueron decisivas en su formación y un impulso en su trabajo.

En el Instituto Pedagógico Central de San Petersburgo, el horario de clases y actividades de estudio no permitía ni la meditación ni el libre pensamiento. El reglamento era excesivamente estricto. Allí se apasionó por la botánica y la zoología y poco a poco fue aproximándose a la química, pues le atraía la filosofía de la química y las causas para explicar la reacción y asociación de unos cuerpos con otros.

Se graduó en 1855. Años más tarde preparó su Tesis de maestro en ciencias "*Sobre los volúmenes específicos*" en la que se definían conceptos como peso atómico, peso equivalente, y molécula, que tan influyentes fueron en su ley periódica.

En 1855 consiguió el puesto de maestro en física y química y fue encargado de cátedra de Química de la Universidad de San Petersburgo. Además, era colaborador de la *Revista del Ministerio de Instrucción Pública*, con el fin de hacer llegar a los maestros la necesidad del

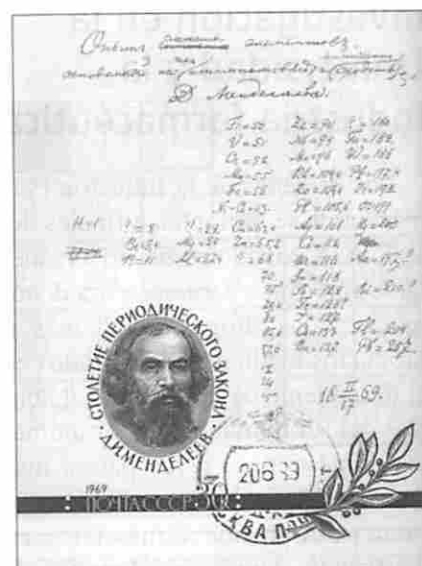


Figura 3. Primera Tabla periódica propuesta por Dimitri Ivanovich Mendeléiev.

desarrollo de la química para el progreso del país.

En 1859 fue becado a Heidelberg. Allí conoció a Bunsen y Kirchhoff y trabajó sin descanso, sobre capilaridad y tensión superficial. En 1861 regresó a San Petersburgo, y mantuvo una constante preocupación por la mejora de la calidad docente en su Universidad. Así publicó su gran obra *Principios de química* (1868-1871), donde aparece como primicia la Ley Periódica (1869), y que fue libro de texto durante muchos años.

La ciencia era su vida, transmitía a sus alumnos conocimientos científicos y mostraba un comportamiento ético intachable. Publicó más de 260 trabajos con sus investigaciones no sólo de temas físicos y químicos, sino también libros y artículos periodísticos sobre la industria rusa, pesas y medidas, arte, exposiciones, e incluso espiritismo. Fue el fundador de la metrología científica rusa, diseñó un rompehielos especial para llegar al Polo Norte y voló en aerostato para ver un eclipse de sol. Mostró siempre interés por los problemas de la agricultura, ganadería e industria, y dedicó mucho tiempo al desarrollo de avances tecnológicos para Rusia. Fue uno de los miembros fundadores de la Sociedad

Rusa de Química que se celebró en 1868. En 1900 asistió, como experto, a la Exposición Universal de París. Entre 1900 y 1906 dirigió con fuerza los trabajos sobre el sistema métrico. En 1902 visitó el laboratorio que Becquerel tenía en París junto con Pierre y Marie Curie. En 1903 su salud empeoró. Su último trabajo fue los "*Complementos para conocer Rusia*" que quedó sin terminar.

A pesar de todos los campos que investigó y de todas sus contribuciones, su mayor logro fue el establecimiento de la ley periódica y su Tabla Periódica de los elementos químicos. Desde los inicios de su trayectoria profesional presintió la existencia de algún tipo de orden de los elementos químicos. A su descubrimiento dedicó más de treinta años de su vida.

El sistema periódico de Mendeléiev aún tenía que resistir el impacto del descubrimiento de nuevos elementos, tales como las tierras raras que poseían propiedades químicas muy similares y todas tenían valencia 3 (quizás explicar qué es eso de la valencia). Los gases inertes fueron considerados al principio como mera curiosidad.

Está universalmente aceptado que la moderna tabla periódica se basa en los trabajos de Mendeléiev. Sobre esta base, años más tarde (1913), Moseley construyó la actual Tabla periódica. Gracias a la labor de Moseley, hoy se sabe que el número atómico define el número de electrones de cada átomo y a partir de él se puede establecer su configuración electrónica. En cambio, el peso atómico de un elemento carece de significación para su posición en la Tabla periódica, como se demuestra con la existencia de isótopos.

La ley periódica de Mendeléiev, basada en el orden creciente de los pesos atómicos, dejaba de lado a las tierras raras.

Las series de los actínidos se añadieron en 1944 por Seaborg en una nueva fila por debajo de los lantánidos.

Desde la presentación de la primera Tabla periódica de Mendeléiev se han aislado más de 50 elementos nuevos y hay esperanzas de obtener algunos más.

Vanesa Calvino Casilda,  
Tomás de Lys, M.<sup>a</sup> Jesús Ávila Rey,  
Antonio J. López Peinado y  
Rosa M.<sup>a</sup> Martín Aranda  
Dpto. de Química Inorgánica y  
Química Técnica

## Investigación en la Universidad y la industria farmacéutica

Los orígenes de la Industria Farmacéutica se remontan a finales del siglo XIX cuando comenzó a manejarse el término *fármaco* para denominar a las drogas, medicinas o productos medicinales utilizados en el tratamiento de las diversas dolencias del ser humano o de los animales domésticos. En los países más desarrollados tales como Inglaterra, Francia, Alemania y más tarde en los Estados Unidos de América, la fabricación de dichos compuestos tenía lugar en compañías pequeñas familiares de carácter regional.

Durante aquellos años, los denominados *productos biológicos* constituían una parte importante de la Industria Farmacéutica debido al descubrimiento de algunos agentes microbianos causantes de enfermedades y del reciente desarrollo de la bacteriología. Así, en la última década del siglo XIX algunos laboratorios de Francia y Alemania prepararon las antitoxinas de la difteria y del tétanos. En efecto, el producto más importante de aquel periodo fue el suero antidiftérico para el tratamiento de la difteria, una de las enfermedades mortales infantiles más temidas de la época. Estos importantes avances tuvieron un freno imprevisto en 1901, cuando en la ciudad norteamericana de

St. Louis, se produjo una gran mortalidad infantil a causa de la contaminación de la antitoxina diftérica con toxina del tétanos. Desafortunadamente, este hecho se reprodujo en otras ciudades norteamericanas y europeas. Estos acontecimientos provocaron que el presidente estadounidense Teodoro Roosevelt firmara en 1902 la primera ley federal reguladora de medicamentos y alimentos. A esta ley, se sucedieron diversas normativas en todos los países desarrollados, permitiendo así la regulación de la preparación y manipulación de los productos alimenticios y farmacéuticos de consumo humano. Esta situación provocó que las pequeñas empresas dedicadas a la preparación y distri-