

# Mendeleiev, el que pudo haber sido y no fue

**ABSTRACT** (Mendeleiev, the one that could've been and was not)

(Elaborado por Andoni Garritz)

The life of Dimitri Ivanovich Mendeleiev is revisited in this paper. After studying based on the support of his mother, he managed to receive a fellowship to make work with the best European chemists of that time: Bunsen, Dumas, Kirchhoff, Liebig, Würtz and Erlenmeyer. Dimitri attended the Karlsruhe Conference in 1860, fact that he afterwards revealed as key to the proposal of his Periodic Table in 1869, when he was as young as 35 years old, and he proposed a whole set of predictions about unavoidable undiscovered elements and its properties, that were confirmed one by one as time went through. He was characterized as a very good lecturer by that time. The final part of his life is remarkable in the study of the application of chemistry to his country industry. He made several contributions to the oil and steel industries and that is why the title of this essay, because he could have been a nationalist chemist but the periodic table took him away into the world dimension.

**KEY WORDS** Mendeleiev, periodic table, biography, predictions of elements, oil industry

Aníbal Bascuñán Blaset<sup>1</sup>



*Este trabajo es un homenaje póstumo al profesor Aníbal Bascuñán Blaset. Él nos entregó en el año 2007 tanto este artículo como otro sobre Lavoisier que todavía está por aparecer en el siguiente número de esta revista. Así, hasta el fin de sus días, el profesor Bascuñán siguió recreando en su memoria a los grandes personajes de la química ¿Habrá dos más grandes que Lavoisier y Mendeleiev?*

*Este material nos lo entregó recién cumplido el centésimo aniversario de la muerte de Dimitri Ivanovich Mendeleiev. ¿Quién iba a decirnos que Aníbal muriera al apenas despuntar el año siguiente?*

*Sale a la luz casi un año más tarde por la acumulación de artículos pendientes. Por ello eso de "Hace 101 años", esta nueva sección que abrió esta revista casi casi dedicada a los trabajos del Dr. Bascuñán y que ahora busca otro(s) autor(es) que intente(n) suplir su sabiduría y buena escritura.*

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, DF.

**Recibido:** 20 de agosto de 2007; **aceptado:** 11 de noviembre de 2007.

**NOTA DEL AUTOR.** Estas breves líneas han sido elaboradas para recordar los 100 años del fallecimiento de Mendeleiev, "el que pudo haber sido y no fue".

El autor agradece al Dr. Andoni Garritz no sólo sus observaciones, sino también el excelente toque que le da al mismo con la viñeta tomada de la URL <http://www.woodrow.org/teachers/ci/1992/MENDELEEVGIF>.

**E**l sistema de Mendeleiev durante casi 100 años sirvió de llave para el descubrimiento de los elementos químicos y, hoy por hoy, no hay persona culta que no recuerde su nombre.

Es el 27 de enero de 1834 cuando en la antigua ciudad de Tobolsk, al sur de Siberia Occidental y al oriente de los Urales, nace el décimo séptimo y último hijo del director del gimnasio de Tobolsk. Al año, el padre queda ciego y la familia se traslada a una aldea cercana donde la madre administra una pequeña fábrica, propiedad de su familia, que produce utensilios de cristal para las boticas. Allí, recordará Mendeleiev, crece y adquiere sus experiencias sobre la vida de su pueblo y la importancia de las industrias (Ovchinnikov, 1984, p. 3). Trece años después, a la muerte del padre, la familia emigra a Moscú donde tiene parientes.

Cuando su madre intentó que ingresara a la Universidad de Moscú, fue rechazado, por ser provinciano. La madre persistió y logró su admisión, tres años después, en el Instituto Pedagógico Principal en Petersburgo, donde a los veinte años produjo sus primeros trabajos científicos. En 1855 recibió la Medalla de Oro, al terminar sus estudios. Por una grave enfermedad se trasladó para su tratamiento a Crimea. Luego trabajó en Odesa. Posteriormente recibió el título de Asistente de profesor en la Universidad de San Petersburgo. En 1859 su maestro A. Voskesenki lo recomendó para que fuera enviado en comisión de servicio a Alemania, Francia e Italia, donde contactó con eminencias como R. Bunsen, J. Dumas, G. Kirchhoff, J. Liebig, Ch. A. Würtz, E. Erlenmeyer y otros más. Entre 1859 y 1861 trabajó en París con Jean Baptiste Dumas sobre la densidad de los gases, y sobre el manejo del espectroscopio con Gustav Kirchhoff en Heidelberg.

De regreso a Rusia en 1863 se casó con Feozva Nikitichna Leshcheva. Años después se divorció y se casó con Anna Ivanovna Popova (Mendeleiev, 2007), matrimonio que fue todo un éxito en cuanto a las relaciones familiares, pero con la cual además cultivó el arte. Trabajó gran amistad con otros jóvenes científicos rusos, como I. Séchenov y A. Borodin, finalmente más conocido como músico. Participó en las labores del Primer Congreso Internacional de Química celebrado en Karlsruhe (1860), en el que se dieron cita más de un centenar de científicos. Congreso en el que, si bien no se alcanzaron muchos acuerdos, si se sembraron semillas tan importantes, como las ideas de Canizzaro sobre: el átomo, la molécula, el peso equivalente y el peso atómico, desarrolladas a partir de los trabajos de Avogadro y de Gay-Lussac, entre otros. Mendeleiev reconocerá posteriormente que fue allí donde logró precisar pensamientos y conceptos que le ayudaron a establecer la tabla periódica, fue un momento clave en su vida (Leicester, 1956, pp. 191-2; Andreeva y Karpova, 1984, pp. 126-128; Besaunde-Vincent, 1997, p. 118-120).

Regresó en 1861 a la cátedra de química orgánica en la Universidad de Petersburgo, donde llegó a ser un destacado docente. Investigó asiduamente, dio conferencias y escribió el manual de Química Orgánica, en el que expresa reflexiones y convicciones. Es así como deja estampado que “cada fenóme-

no vital no es consecuencia de una fuerza excepcional, de algunas causas excepcionales, sino se realiza según las leyes generales de la naturaleza”, aseveración no bien recibida por muchas eminencias científicas de esa época por el contenido ideológico que implicaba. Luego trabajó en el Instituto Tecnológico de Petersburgo, en el que presentó una tesis para doctorarse, sobre “La fusión del etilo y el agua”. En 1866 se reincorporó a la Universidad de Petersburgo y se hizo cargo de la cátedra de Química General (Ovchinnikov, 1984, p. 5).

En esos fértiles años, un contemporáneo lo describió así: “Estaba de pie, apoyándose en la cátedra... Mendeleiev, de estatura alta y robusta, con hermosa cabeza aleonada y de cara muy atractiva... Si el discurso de un científico corriente puede compararse con una huerta limpia, donde a los finitos rodri-gados tallos de la hierba están colgadas las etiquetas, ya el discurso de Mendeleiev era sorprendente: parecía que a los ojos de los oyentes, las semillas de los pensamientos se convertían en robustos troncos, se ramificaban, florecían y los oyentes reconocían los frutos de oro... ¡Felices aquellos oyentes!”

Alguien expresó que sus alumnos lo adoraban (Rumppe, y Sixtus, 2007), y Block apuntó en su agenda el 22 de junio de 1902: “Un estudiante (olvidé su apellido) estuvo loco por Mendeléev. Lo entiendo. Puede ser que yo hubiera hecho lo mismo si antes no me hubiera vuelto loco por su hija...” (Block se casó con la hija de Mendeleiev).

El profesor Horacio Aravena Andaur, rector de la Universidad Técnica del Estado y distinguido profesor de la Universidad de Chile, expresó en una conferencia ante los profesores de la Sociedad de Profesores de Biología y Química: “Sus conferencias eran tan admiradas, que los asistentes llenaban los auditorios y los pasillos adyacentes, y escuchaban arrobados a ese orador científico que hablaba con tanta claridad, aún de los temas más abstrusos, que no es de extrañarse que gran parte de los oyentes fueran estudiantes de las más diversas carreras universitarias, ajenas a la química. En 1868, Mendeleiev empezó a escribir los *Fundamentos de la química* (o *Principios de Química*), (Mendeleiev, 2007, p. 3) en el que reúne sus vastos conocimientos, experiencias pedagógicas y concepciones acerca de industria ciencia y sociedad. Fue reeditado trece veces y traducido en Francia, Alemania e Inglaterra, las potencias científicas de esa época. Black lo llama el extenso y fascinante libro de texto (Brock, 1993, p. 311).

En 1869, a los 35 años, dio a conocer a varios químicos una plana que se titulaba “La experiencia del sistema de los elementos basado en su peso atómico y la semejanza química”. El seis de marzo de ese mismo año presentó su ponencia en la recién fundada Sociedad Química Rusa, de la que fue miembro fundador (Rumppe, y Sixtus, 2007). Formuló la Ley Periódica expresando que “Las propiedades físicas y químicas de los elementos que se revelan en los cuerpos simples y compuestos están en dependencia periódica de su peso atómico” (Ovchinnikov, 1984, p. 5). Continuó trabajando en su libro, y revisando en el laboratorio las propiedades físicas y químicas de muchos elementos y compuestos, especialmente los óxidos y los cloruros, para poder ajustarlos en la tabla. Lo que

distingue a su trabajo, además de lo amplio y profundo de sus elucubraciones, son “Los caminos del descubrimiento” seguidos por Mendeleiev (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997, pp.118-120). En 1871 aparece su artículo “La ley periódica para los elementos químicos” (Ovchinnikov, 1984, p. 6; Freund, 1968, pp. 467-69). Para llegar a ella Mendeleiev parte de la existencia de una ley única y universal. Éste es según su propia confesión, el secreto de su acierto. El problema consistía en que todos se abocaban sólo a las semejanzas entre los elementos, dejando de lado los elementos desemejantes.

Curiosamente, aunque no debe extrañarnos, fueron muchos amigos y otros no tanto, que atacaron su trabajo, Prout, Döbereiner, Chancourtois, Odling, Newlands y Meyer, entre otros, aduciendo que otros investigadores ya habían llegado a resultados semejantes (Freund, 1968, pp. 503-505; García, 1990, p. 65). En 1870 Lothar Meyer consideró que “sería prematuro cambiar los pesos atómicos existentes, valiéndose sólo de aquel dudoso punto de partida”, el peso atómico.

Posteriormente, en un extraordinario gesto de hidalguía, Lothar Meyer escribió: “En 1869, antes que yo expresara mis pensamientos sobre la periodicidad de las propiedades de los elementos, salió la reseña del artículo de Mendeleiev en la que se escribía: 1) Al ordenar los elementos de acuerdo a los pesos atómicos ascendentes se observaba el cambio gradual de las particularidades de los elementos; 2) la cantidad de los pesos atómicos determinaba las propiedades de los elementos; 3) los pesos atómicos de algunos elementos tenían que ser corregidos; 4) debían de existir algunos elementos no descubiertos todavía... Todo esto fue publicado por Mendeleiev antes y por primera vez. Confieso abiertamente que no tuve fuerzas y valentía, para hacer parecidas suposiciones de largo alcance, como lo hizo Mendeleiev” (García, 1990, pp. 65-66; Freund, 1968, pp. 454-68).

Hay que recordar que L. Meyer publicó en 1864 un manual, compuesto años antes, en el que aparecía una tabla (concebida en 1868 sic) de los elementos, fundada en su valencia. Es evidente que, con las reservas planteadas por el mismo Mendeleiev, estamos ante una Ley. Es una gran generalización que se apoya en un amplio y profundo trabajo experimental, y que en su presentación pronostica la existencia de al menos tres elementos no descubiertos, pero además señala las propiedades físicas y químicas de los mismos, así como las de algunos de sus compuestos. Cabe señalar que se apoyó mucho en la valencia, concepto aún no aceptado del todo en esos tiempos. Todo lo establecido por Mendeleiev se cumplió. Como lo señaló él mismo, cuando dice que “pasaron menos de veinte años y tuve la alegría de ver los tres elementos descubiertos”. Y agregaríamos, cumpliéndose ampliamente lo por él vaticinado en cuanto a reactividad, tipos de compuestos y sus propiedades (especialmente los óxidos y los halógenos).

Asimismo, la tabla ha servido para ubicar nuevos elementos, incluyendo a los gases nobles, y para confirmar o corregir otras propiedades. Algunas de las cuales señalaremos, siguiendo la Conferencia Faraday que dio Mendeleiev ante los miembros

de la Real Sociedad Química de Inglaterra, invitado en 1889 (Mendeleiev, 2007).

Ese día, entre los científicos asistentes a la Conferencia Faraday debe haberse dado los más encontrados sentimientos, cuando Mendeleiev rindió tributo a Newlands señalando que esa contribución le había dado un fuerte apoyo para desarrollar sus ideas. La Sociedad Real de Inglaterra, recién en 1887, había reconocido tardíamente la obra de John Newlands, y le había otorgado la Medalla Davy (Brock, 1993, p. 318). Mendeleiev, luego de agradecer la invitación a la Conferencia Faraday, señaló sucintamente lo esencial de su presentación de la Ley Periódica ante la Sociedad Química Rusa, misma que se transcribe a continuación:

“Los elementos, al ser ordenados de acuerdo con sus pesos atómicos, exhiben una evidente periodicidad de sus propiedades.

Los elementos que presentan propiedades químicas similares tienen pesos atómicos aproximadamente iguales (ej: platino, iridio y osmio) o bien se incrementan regularmente (ej: potasio, rubidio y cesio).

El ordenamiento de los elementos, o de los grupos de elementos en el orden de sus pesos atómicos corresponden a las así llamadas valencias, así como también, en cierta extensión, a sus propiedades químicas distintivas —tal como se da en la serie litio, berilio, boro, carbono, nitrógeno, oxígeno y flúor.

Los elementos más ampliamente difundidos (en la Tierra) tienen pesos atómicos pequeños.

La magnitud del peso atómico determina el carácter del elemento, así como la magnitud de las moléculas (pesos moleculares) determina el carácter de los cuerpos compuestos.

Nosotros podemos esperar que se descubran muchos elementos desconocidos; por ejemplo, elementos análogos al aluminio y el silicio, cuyos pesos atómicos deberían ser 64 y 75 (respectivamente).

El peso atómico de un elemento, a veces puede ser corregido mediante el conocimiento de los pesos de los elementos contiguos. Así, el peso atómico del telurio debe estar entre 123 y 126, no debe ser 128.

Ciertas propiedades características de los elementos pueden ser predichas a partir de sus pesos atómicos (y su respectiva colocación en la tabla)

Nota: La intención de esta comunicación estará completamente lograda si se llama la atención de los investigadores hacia estas relaciones que existen entre los pesos atómicos de elementos disímiles, los que, hasta donde yo tengo conocimiento, han sido hasta ahora desatendidos. Yo deseo que la solución de alguno de estos importantes problemas de nuestra ciencia consista en hacer investigaciones de este tipo” (Mendeleiev, 2007; Rumppe y Sixtus, 2007).

Pensamiento éste que expresara, aunque en otros términos, Büchner: “Hoy día, veinte años después de formuladas las conclusiones anteriores, ellas pueden ser consideradas como

que expresan la esencia de la ahora bien conocida y aceptada como la ley periódica" (Mendeleiev, 2007).

Continuando su recuento describe algunos problemas importantes en los cuales la ley periódica pudo ser la llave para su elucidación. Empezó recordando el Congreso de Karlsruhe, en el cual Canizzaro, apoyándose en los trabajos de Avogadro, Gerhardt y Regnault, planteó que se puede representar al átomo como "la porción más pequeña de materia que participa en la composición de una molécula". Ideas que no fueron adoptadas por el Congreso pero que fueron luego extensamente difundidas en las publicaciones más importantes de química. Mendeleiev señaló dos ejemplos sobre la relación peso atómico y peso equivalente. Cabe recordar que el enfrentamiento entre los atomistas y los equivalentistas duró más de cien años.

Apegándose a la tabla periódica	Apegándose a los equivalentes en uso
K = 39 Rb = 85 Cs = 133 Ca = 40 Sr = 87 Ba = 137 (masas atómicas)	K = 39 Rb = 85 Cs = 133 Ca = 20 Sr = 43.5 Ba = 68.5 (masas equivalentes)

Se observa la consistencia lograda al utilizar como referencia los pesos atómicos organizados en la tabla periódica, lo que no ocurre al emplear los pesos equivalentes. Nótese que coinciden en los metales alcalinos (coinciden valencia y masa del equivalente químico comparada con la masa atómica), más no en los metales alcalinos térreos (valencia dos, masa equivalente igual a la mitad de la masa atómica). Por otra parte hay que señalar que hubo autores que antes y después continuaron buscando relaciones numéricas utilizando los pesos equivalentes. Asimismo los trabajos de Chancourtois, Newlands y otros investigadores pasaron inadvertidos para los científicos de su época, aunque en ellos estaban los gérmenes de la ley periódica. La causa, el hecho de que las buenas aproximaciones, en cierto modo parecían ser fortuitas. Así, el mismo Newlands al plantear la ley de las octavas tuvo que reconocer que ocasionalmente aparecían 10 elementos, y no ocho como él proponía. En el periodo comprendido entre 1860-1880, investigadores como Cooke, Cremers, Gladstone, Lenissen, Pettenkofer, y especialmente Dumas, buscaron analogías entre los pesos atómicos y las semejanzas entre los elementos (Mendeléiev, 2007). En 1830, Dumas intentó clasificar los elementos no metálicos por familias naturales y Thenard clasificó los metales en cuatro grupos según el comportamiento con el aire y el agua. En 1845, planteó que las sustancias podían agruparse en sustancias paramagnéticas y diamagnéticas. Por su parte, el Dr. Johnstoney plantea una ecuación para obtener una función logarítmica y construir luego una espiral en que acomoda los elementos. Él emplea el concepto de Berzelius de metales electro-positivos y electro-negativos.

Las series en función de los equivalentes, como Cr = 26.2, Mn = 27.6, Fe = 28, Ni = 29, Co = 30, Cu = 31.7 y Zn = 32.5

para A. Strecker, así como las relaciones entre los pesos atómicos y demás propiedades, eran probable y meramente casuales, lo que no es así a la luz de la ley periódica.

De la misma manera, las investigaciones de Marignac sobre el niobio y las de Roscoe sobre el vanadio, permitieron establecer analogías muy importantes, al conectarlos con otros elementos: V = 51 Cr = 52; Nb = 94 Mo = 96; Ta = 192 W = 194; de la misma manera, P = 31 S = 32; As = 75, Se = 79; Sb = 120 Te = 125, presentan semejanzas alternativas de acuerdo con sus masas atómicas. Estas correlaciones fueron nuevos peldaños esenciales para el descubrimiento de la ley de la periodicidad (Mendeleiev, 2007). Enseguida, Mendeleiev planteó la pregunta acerca de si esta ley puede ser una generalización que ayude a resolver algunos problemas de diversas ramas de la química. "¿Este producto legitimado por vastas inducciones puede ser punto de partida para legitimar o descartar estudios aislados o pequeñas inducciones y 'aseveraciones' que rondan en el campo de la química?" (Rumppe y Sixtus, 2007).

Recuerda que ya existen algunas funciones periódicas que expresan cambios dependientes de las variaciones del tiempo y el espacio, funciones que en algunos casos dependen de las masas, ya que crecen o decrecen con el incremento de la masa, tal como ocurre con las atracciones de los cuerpos celestes. Así es como la ley periódica demuestra que nuestros "individuos químicos" (individualidades, especies químicas, más bien que átomos) despliegan una periodicidad armónica de las propiedades, dependiente de sus masas (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997, pp. 118-119).

Luego Mendeleiev analiza los diferentes intentos hechos para obtener ecuaciones que describan el comportamiento periódico de los elementos. Las que se han logrado son útiles en ordenaciones de mediano alcance. Las curvas requieren o describen infinitos puntos. En cambio, los pesos atómicos sólo dan un número finito. Justifica su posición tomando los elementos en orden creciente de sus masas atómicas (por ejemplo desde Ag hasta I), así como el decremento de sus densidades, pero al mismo tiempo señala cómo los óxidos de estos elementos presentan cantidades crecientes de oxígeno (tomando siempre dos átomos del elemento) pero, al mismo tiempo señala cómo no se explican las proporciones múltiples de Dalton. Desde el punto de vista experimental, se puede desarrollar una serie Rx, Rx2, ...Rx8, y ahora se reinicia la serie. Pero hay que examinar cuidadosamente los periodos cortos como Na a Cl, y los largos como K a Br. Luego agrega que al examinar los elementos químicos a la luz de la teoría del enlace químico con la teoría de Dalton de las proporciones múltiples, se abre un amplio campo a la especulación filosófica (Freund, 1968, p. 500).

"Parece ser que un nuevo misterio de la naturaleza se atravesara con las revelaciones del análisis espectral" (Freund, 1968, pp. 491-497). Se revive el esfuerzo mental para admitir la existencia de una materia primaria, como lo formulara Prout. Reconoce la importancia del análisis espectral y habla de la sustancia imaginaria conocida como helio, la considera problemática, probablemente porque sólo se le conocía

por su análisis espectral. En cambio, queda abierta la posibilidad de la existencia de dos diferentes átomos de hierro lo que aumentaría el número de elementos, y se podría admitir la existencia de una materia prima. Habría si, que disponer de algo individualizado que permitiera explicar la simultaneidad de lo unitario y lo plural, o la generación de lo plural mediante lo individual (¿isótopos?). Luego comenta que al tocar las bases metafísicas de una única materia que entra en la composición de todos los cuerpos, y contrastarla con el carácter compuesto de los elementos, la ley periódica sería un argumento en su favor.

En cuanto a la existencia de esa materia primordial, Mendeleiev se pronuncia porque es una mera utopía, y luego agrega: "Pero las utopías deben ser sólo combatidas por la libre opinión, el experimento, y por nuevas utopías. En la república de las teorías científicas la libertad de opinión está garantizada". Nótese el empleo de la expresión: "En la república de las teorías científicas la libertad de opinión está garantizada". En todo caso no hay que olvidar el proverbio francés de que "La crítica es fácil, pero el arte es difícil", y él es un excelente y valeroso crítico en todos los campos, y también un artesano, en el sentido de creador y divulgador de las ideas.

Con esa misma objetividad, veracidad y libertad de opinión, por él sostenida, agrega: "Es cierto que no comprendemos la racionalidad de la ley periódica, pero mientras esto llegue a alcanzarse, la ley periódica será una herramienta útil para el avance de la química" (Mendeleev, 2007).

Entretanto, el descubrimiento del galio (eka-aluminio) por Lecoq de Boisbaudran; del escandio (eka-boro) por Nilson, y el germanio (eka-silicio) por Winckler, y la coincidencia de sus propiedades con las predichas por Mendeleiev en 1871, vino a confirmar la exactitud y la validez de la ley periódica (Freund, 1968, pp. 479-482).

Por otro lado, la ley permitió cambiar las valencias del indio y el cerio, asignando así diferente composición a sus compuestos. La determinación de los calores específicos de estos dos metales, confirmaron plenamente estos cambios: Al Be se le atribuía un peso atómico de 13.5 y a su óxido la fórmula  $\text{Be}_2\text{O}_3$ . Se ubicó de acuerdo con un peso atómico de 9 y a su óxido se le dio la fórmula  $\text{BeO}$ . La incertidumbre duró varios años, hasta que Nilson y Patterson aplicando la ley de Avogadro obtuvieron la densidad del vapor del  $\text{BeCl}_2$  lo que confirmó la bivalencia del Be (Freund, 1968, pp. 489-490). De la misma manera al U = 120 se le dio masa U = 240, basándose sólo en la ley periódica. Otro tanto ocurrió con los elementos como Te, Ti, y la serie Os, Ir, Pt y Au (Freund, 1968, pp. 477-79).

En lo referente a los no metales la ley periódica ha permitido establecer que los equivalentes obtenidos para los hidruros más los correspondientes a los óxidos suman ocho. Así, para el Cl se tiene  $\text{HCl}$  y  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ , y para el S,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{SO}_3$  (Freund, 1968, pp. 469-72). Ahora decimos que el cloro puede presentar números de oxidación que van de 1- a 7+.

Al hacer los estudios de los óxidos, aparecieron los peróxidos. Se estimó que con ellos se rompía con la periodicidad.

Mendeleiev, en cambio, sugirió que estos compuestos bien podrían dar lugar a otro tipo de periodicidad, dado que sus comportamientos eran análogos, pero los compuestos derivados de esos elementos eran semejantes a los ya obtenidos y ordenados de acuerdo con la ley periódica. Por ejemplo, es así como al agua,  $\text{H}(\text{OH})$  o  $\text{H}_2\text{O}$ , le corresponde  $\text{H}(\text{HO}_2)$  ó  $(\text{OH})(\text{OH})$  ó  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Al ácido sulfúrico,  $\text{H}(\text{HSO}_4)$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  le corresponde  $(\text{HSO}_4)(\text{HSO}_4)$  ó  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ . De manera análoga, planteó relaciones para muchos otros peroxi-compuestos.

Ahora regresemos en el tiempo para visualizar algunos de los aspectos relacionados con otras inquietudes y vivencias de Mendeleiev, el multifacético, quien expresara: "Me asombro por lo variada que es mi vida científica".

Y esto se confirma con lo que viene mas adelante. Viajó mucho por Rusia y se familiarizó con la industria, la agricultura y sus enormes recursos potenciales. En algún momento expresó: "Es hora ya de pensar, señalar, establecer nuevas empresas basadas en la explotación de los recursos naturales del amado país... sin esta aplicación a las necesidades y demandas del país, ninguna nación alcanzará la fuerza interior, la libertad, el bienestar y las condiciones para el desarrollo futuro" (Ovchinnikov, 1984, p. 9).

En 1863 le llamó la atención la industria del petróleo y la investigó en Bakú. Dio recomendaciones en relación a la extracción, transporte (oleoductos) y el perfeccionamiento de la refinación del petróleo, al que consideró más como materia prima que como combustible. "El petróleo es un don tan raro y excepcional de la naturaleza que quemarlo como combustible corriente es un verdadero pecado" (Ovchinnikov, 1984, p. 10). ¿Estaría pensando en algo similar aquel gobernante mexicano que pidió establecer un límite a las exportaciones de petróleo?

En 1876 viajó a Estados Unidos. En 1877 escribió un libro con las experiencias acumuladas: "La industria petrolera en el estado de Pensilvania y en el Cáucaso". Termina con críticas muy severas a lo que él vislumbró como las relaciones humanas y la orientación o trasfondo de los procesos industriales.

Allí, registra que "En América... se preocupaban por extraer cuanto más posible el petróleo, olvidando el pasado y el futuro, ... En la destilación no se notó algún estudio, atención y deseo de perfeccionar".

Regresó a Bakú y continuó sus esfuerzos para mejorar la tecnología de la refinación del petróleo.

Cuando Nóbel buscó obtener las concesiones petroleras rusas, Mendeleiev se opuso públicamente a estas intenciones, lo que culminó con una carta abierta dirigida por Nóbel a Mendeleiev. En algún momento Mendeleiev hace un enérgico llamado: "Señores capitalistas moscovitas y otros rusos... ¿Permitirán ustedes a los franceses, alemanes, suecos, ingleses y norteamericano explotar, enriqueciéndose, también esta riqueza rusa, o Ustedes mismos serán tan perspicaces para apoderarse de ella?... " (Ovchinnikov, 1984, p. 11). En Rusia se le recuerda como el creador de la moderna Industria del petróleo en el área del Mar Negro (Brock, 1993, p. 311). Al mismo tiempo abogaba ardientemente por la Protección del medio ambiente,

En 1880, en las elecciones para ingresar un nuevo miembro

bro a la Academia de Ciencias, Mendeleiev fue rechazado, con gran indignación por parte de muchos científicos. La Academia era dirigida por el conde D. Tolstoi, quien al mismo tiempo era jefe del cuerpo de gendarmes. ¿Obedecería acaso esto a sus fuertes críticas al sistema? En cambio, los honores y reconocimientos a su obra llegaban de las más diversas Instituciones nacionales y extranjeras. Mendeleiev continuó trabajando incansable e imperturbablemente. Hizo un viaje a la cuenca del Donetsk. Propuso el uso energético y químico del carbón, sugirió la gasificación subterránea del carbón, desarrollar combinados industriales, y tender ferrocarriles en las regiones carboníferas.

En esos mismos años publicó una serie de trabajos sobre la teoría de las disoluciones y los gases. A las primeras las consideró como un eslabón entre los fenómenos puramente físicos y los químicos. Unos veinte años después escribió el libro: *Investigación de las disoluciones acuosas según el peso específico*, en el que formuló una teoría sobre la hidratación: la interacción entre los componentes de las disoluciones (Hilditch, 1922, pp. 187-228). Hizo estudios en 1884 sobre la compresibilidad de los gases y sus valores críticos (Hilditch, 1922, p. 184), así como el enrarecimiento de los mismos, interesándose por la resistencia del medio y la medición de la temperatura en las capas altas de la atmósfera (Hilditch, 1922, pp. 187-228). Estudió las desviaciones de los gases reales respecto a la ley de Boyle-Mariotte y una formulación más exacta de las ecuaciones de estado.

En 1878 publicó un trabajo sobre *La resistencia de los líquidos y la aeronáutica*. Llegó a afirmar "que pronto llegaría el tiempo del traslado independiente en el aire en la dirección deseable. Es decir, en la del vuelo". Fue uno de los organizadores de la sección astronáutica en la Sociedad teórica Rusa.

En 1887, a pesar del mal tiempo, realizó un vuelo en un globo, alcanzando más de 3,000 metros de altura. Su intención fue demostrar que a la teoría se debe unir la práctica. Quería con esto dejar la evidencia de que los científicos también se arriesgan con tal de obtener nueva información. Intentaba fotografiar un eclipse solar, con un mal tiempo tal que quien iba a ser su acompañante desistió de hacerlo (Jaffe, 1949, p. 218).

En 1890, tras 27 años de trabajo en la Universidad de Petersburgo se vio obligado a abandonarla (García, 1990, p. 70). La razón, compartir plenamente los reclamos y haber sido el portador de la petición de los estudiantes, durante los disturbios estudiantiles de ese año. El día de su última conferencia fue recibido por académicos y estudiantes en medio de clamorosos aplausos, y a pedido suyo, al finalizarla salió en medio de absoluto silencio.

En 1893 se hizo la prueba de la pólvora sin humo, la pólvora pirocoloidal desarrollada por Mendeleiev al abandonar la Universidad, y aceptar trabajar en este proyecto, para los Ministerios de la Marina y Militar. Organizó una fábrica para producirla industrialmente. En 1907, la fábrica fue entregada a una firma alemana. ¿Fue una actitud de los mandos de las fuerzas armadas de que los alemanes podrían hacerlo mejor que los propios rusos, o habrá habido otro tipo de presiones?

Durante la guerra contra Alemania, el gobierno ruso compró a Estados Unidos miles de toneladas de pólvora pirocoloidal fabricada, según el contrato, de acuerdo a la receta del "químico famoso, el catedrático Mendeleiev".

Visitó los Urales recogiendo información sobre las reservas minerales y las industrias metalúrgicas de la región. Sus viajes por Rusia los hizo siempre en tercera clase para así contactar, en íntimas conversaciones cara a cara, con el pueblo ruso. Todo ello contribuyó a que se le considerara un reformador social. Se le conoce por sus vehementes denuncias de la brutalidad y tiranía de la Rusia Zarista (Jaffe, 1949, p. 213; Rumppe y Sixtus, 2007).

En 1900 planteó la conveniencia de la obtención directa del hierro y el acero en los lugares mismos en que se encontraban las minas. Pero, además señaló la conveniencia del desarrollo simultáneo y coordinado de la industria y la agricultura. Él mismo experimentó en su finca en Bóblovo, en los alrededores de Moscú, con abonos fosfóricos, nitrogenados, potásicos y fertilizantes orgánicos.

En 1892, aceptó encabezar la Cámara de Pesos y Medidas. Dedicó gran parte de su energía al desarrollo de la metrología, de la cual expresó que "La ciencia precisa es imposible sin la medida" (Ovchinnikov, 1984, p. 16; Mendeleiev, 2007)

En 1895, W. Ramsay había descubierto el He y el argón, lo que comunicó a quién llamó nuestro maestro "que la clasificación coincidía por completo con el peso atómico del argón e incluso una vez más demostraba lo correcto de la ley de la periodicidad" (Ovchinnikov, 1984, p. 7; Mendeleiev, 2007). Más tarde, Ramsay entre 1895 y 1816 descubrió junto con Travers los restantes gases nobles.

En 1905, Mendeleiev y Moissan fueron propuestos para el Premio Nobel. Ambos fueron descalificados, no por no tener méritos, sino porque las cláusulas del testamento de Nobel los descalificaba. Esta discusión llevó a una posterior modificación de los términos del testamento, gracias a lo cual Moissan alcanzó el Nobel en 1906.

En una síntesis de su vida Medeleiev expresó: "Me hice famoso gracias a sólo cuatro cosas; la Ley periódica, la investigación de la elasticidad de los gases, el enfoque de las disoluciones del punto de vista de las asociaciones y los fundamentos de la Química. He aquí toda mi riqueza" (Ovchinnikov, 1984, p. 12).

Su obra está registrada en sus libros y en los más de 262 artículos publicados (Rumppe y Sixtus, 2007) y sus extraordinarios méritos. Su creatividad y audacia científica al predecir la existencia de nuevos elementos se vieron reconocidos y exaltados cuando, en 1955, un grupo de investigadores encabezados por Glen T. Seaborg obtuvieron artificialmente el elemento 101" y lo nombraron Mendelevio (Ihde, 1984, p. 597)

Su amor al arte queda establecido en las palabras de su hijo, "El padre amó apasionadamente la pintura y la escultura, compuso colecciones de arte y se puede decir que el arte le apasionó tanto como la ciencia y los consideró como dos cosas inseparables de nuestro único gusto por lo bello, armónico

y verídico” (Ovchinnikov, 1984, p. 18). En 1894, Mendeleiev fue elegido miembro de la Academia de Bellas Artes de Petersburgo, por su aportación a las bellas artes, como pintor y crítico de arte (Andreeva y Karpova, 1984, pp. 126-128). Alguna vez expresó, refiriéndose al arte que: “A mí me parece notorio e importante la comprensión mutua y la comunidad de sentimientos que palpo entre artistas y naturalistas. Unos y otros no quieren mentir, desean decir... la verdad...” (Andreeva y Karpova, 1984, pp. 126-128).

Mendeleiev emprendió su última batalla y su último viaje a la edad de 73 años, el 20 de enero de 1907, a causa de una gripe que se complicó, mientras escuchaba una lectura del Viaje al Polo Norte, de Julio Verne.

### Bibliografía

- Andreeva, G. y Karpova, T. *La Ciencia en la URSS*, 17, 126-128, 1984.
- Bensaude-Vincent, B. y Stengers, J. *Historia de la Química*, Addison-Wesley Iberoamericana, SA, EUA, 1997.
- Brock, W. H. *The Norton History of Chemistry*, W.W. Norton and Company, New York, 1993.
- Freund, I. *The Study of Chemical Composition*. Dover Publications, Inc., New York, 1968.
- García, H. *El Químico de las profecías. Dmitri I. Mendeleiev*. Pangea Editores, SA de CV, México, 1990.
- Hilditch, T.p. *A Concise History of Chemistry*, Methuen and Co. Ltd, London, 1922.
- Ihde, A. J. *The Development of modern chemistry*, Dover Publications, Inc. New Cork, 1984.
- Jaffe, B. *Crucibles: The Story of Chemistry. From Ancient Alchemy to Nuclear Fission*. Hutchinson's Scientific and Technical Publications. London. 1949.
- Leicester, H. M. *The Historical Background of Chemistry*, John Wiley and Sons, Inc, USA, 1956.
- Mendeleev, D., *The Periodic Law of the Chemical Elements, FARADAY LECTURE delivered in the Royal Institution on June 4th, 1889*. Se puede consultar en la URL, [http://chimie.scola.ac-paris.fr/Sitedechimie/hist\\_chi/text\\_origin/mendeleiev/mendel.htm](http://chimie.scola.ac-paris.fr/Sitedechimie/hist_chi/text_origin/mendeleiev/mendel.htm) consultada por última vez el 5 de julio de 2007.
- Mendeléiev, D., I., *Biografías y Vidas*, se puede consultar en la URL <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/mendeleiev.htm> consultada por última vez el 5 de julio de 2007.
- Mendeleïev, D. Biografía, se puede consultar en la URL [http://www.encyclopedie-enligne.com/d/dm/dmitri\\_ivanovich\\_mendeleev.html](http://www.encyclopedie-enligne.com/d/dm/dmitri_ivanovich_mendeleev.html) consultada por última vez el 5 de julio de 2007.
- Mendeleiev, D., Biografía, se puede consultar en la URL, [http://es.wikipedia.org/wiki/Dimitri\\_Mendeleiev](http://es.wikipedia.org/wiki/Dimitri_Mendeleiev) consultada por última vez el 5 de julio de 2007.
- Ovchinnikov, Y., *La Ciencia e Industria son mi Sueño, La Ciencia en la URSS*, 17, 2-17, 1984.
- Rumppe, R. y Sixtus, M. E., *Ich bin Mendelejeff*, sin fecha. Se puede consultar en la URL <http://www.woodrow.org/teachers/ci/1992/Mendeleev.html> consultada por última vez el 5 de julio de 2007.