

## La domesticación de la ciencia: Mendeleev

*A well ordered thing:*

*Dmitrii Mendeleev and the shadow of the periodic table*

Michael D. Gordin. Basic Books, 2004

Carlos Amador Bedolla\*

Cada generación se acostumbra a su entorno y aprende a verlo como la forma que tiene el mundo. Lo problemático es que en los últimos ciento cincuenta años las cosas han cambiado con tal celeridad que el entorno de cada generación —en general, y en particular en cada una de las profesiones— es, con frecuencia, inconmensurable con el de las generaciones más cercanas. Tomemos como ejemplo de esto último algunos desarrollos de la química. Hace apenas ochenta años que conocemos la ecuación de Schrödinger; ochenta años que es ahora la esperanza de vida de muchísimos seres humanos. Así que el bisabuelo de cualquier químico profesional —bueno, si mucho me apuran, el tatarabuelo— estaba vivo cuando no se conocía la tabla periódica y se discutía la existencia de los electrones. Pero no sólo ocurre este fenómeno con respecto a los resultados de nuestra ciencia. También ocurre con nuestras formas de practicarla. Lo que vemos ahora como una empresa de interés público que debe ser financiada por la sociedad, no era visto así hace apenas ciento cincuenta años. En la transformación de los dos aspectos —la creación de la tabla periódica y la inclusión de la ciencia como asunto público y del científico como figura pública— es importante Mendeleev.

Pero la vida de Mendeleev también es ejemplar si se atiende, por un lado, a la relación entre su entorno —rápidamente cambiante en el ámbito científico, político, social, económico— y sus opiniones e intereses, que también fueron rápidamente cambiantes durante algún tiempo para después consolidarse en unos que, a la luz de los años, se nos muestran no siempre acertados, y si se atiende, por el otro, a la evolución de la percepción que el mismo Mendeleev tuvo de sí mismo y de su obra, y de sus ambiciones a lo largo de su carrera. Como ocurre con tantos otros personajes célebres, podemos ver la transfor-

mación del joven ambicioso en el *gato gordo* que ha logrado prestigio y reconocimiento y en la *vaca sagrada* para quien el reconocimiento logrado nunca es suficiente. Como ocurre con tantos otros personajes célebres, podemos ver el entusiasmo y la confianza juveniles en lo que puede lograr una persona talentosa y determinada, y la desesperanza y fatalismo del anciano al ver lo poco que logró con su esfuerzo y lo mal que se encamina el mundo que aspiró a mejorar.

Todos estos aspectos son detalladamente planteados y analizados en la biografía de Gordin —uno de esos libros que se dividen casi en partes iguales entre texto principal, por un lado, y notas y bibliografía por el otro. Su organización, que está basada en los distintos roles que ocupó Mendeleev, es casi lineal en el tiempo. Y empieza con la historia de la obra que lo volvió famoso e inmortal: la construcción de la tabla periódica de los elementos.

\*\*\*

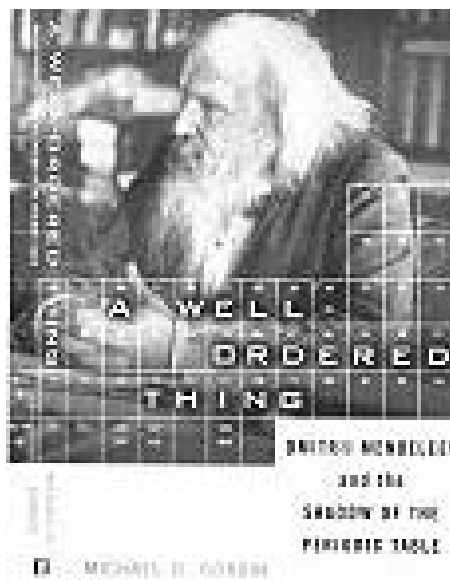
La carrera científica y pública de Mendeleev inicia a su regreso a San Petersburgo —la capital del imperio ruso— después de obtener su doctorado en Heidelberg en 1861. (La biografía de Mendeleev tiene aspectos simpáticos para un químico: algunas de las personas con las que trabajó en Alemania fueron Bunsen, Erlenmeyer y Beilstein.) Rápidamente se instala como profesor en la Universidad y se dedica a hacerse de fama como químico. El camino que escoge es un poco heterodoxo para las costumbres modernas: decide escribir un libro de texto. *Principios de Química* está pensado como un libro para primer año de la universidad. De acuerdo con la pasión que sentía por la química y con la convicción de que el pueblo debía acceder a esos conocimientos, Mendeleev se dedicó a preparar un curso de conferencias presentadas con tal sencillez que fueran accesibles para todo el mundo. En el proceso de prepararlas decidió organizar los elementos en una forma lógica: *la tabla periódica*.

La lógica de la organización original de Mendeleev es distinta a la lógica con la que evolucionó la tabla periódica para convertirse en la que usamos

\* Facultad de Química, UNAM 04510 México, D.F.

Correo electrónico: amador.carlos@gmail.com

Recibido: 25 de marzo de 2006; aceptado: 26 de mayo de 2006.



sesenta elementos químicos de los que se conocía la masa atómica. Éstos se pueden agrupar en familias de acuerdo con la estequiometría de su combinación con el oxígeno:  $R_2O$ ,  $R_2O_2$  o  $RO$ ,  $R_2O_3$ , etcétera. Mendeleev empezó, en el volumen I de su obra, por listar estas familias junto con su peso atómico y mostrar que los incrementos en los pesos atómicos eran semejantes –el sodio pesa dieciséis unidades más que el litio y dieciséis menos que el potasio, el magnesio pesa poquito menos de dieciséis unidades más que el berilio y dieciséis unidades menos que el calcio–, aunque el énfasis estaba en las propiedades químicas. Pero, para cuando escribió el segundo volumen, el énfasis estaba ya en el peso atómico:

Es extremadamente difícil reconstruir el proceso mediante el cual Mendeleev llegó a la organización periódica de los elementos en términos de sus pesos atómicos. No los listó simplemente en orden de pesos crecientes, sino que atendió a la repetición periódica de las propiedades químicas, correlacionando, así, dos parámetros. El problema desde la perspectiva del historiador es que, si bien Mendeleev conservó prácticamente todo documento y borrador que cayó en sus manos *después* de que empezó a pensar que sería famoso, no conservó ninguno anterior a la ley periódica

Los resultados del arreglo de los elementos en una serie ordenada empezaron a parecerle importantes, por sí mismos, a Mendeleev conforme avanzó en la escritura de su libro, de tal manera que en 1867

ahora. De hecho, la lógica de la organización de Mendeleev fue cambiando conforme avanzaba en la escritura de su texto, pero se puede decir que gira alrededor de dos conceptos: la masa del elemento y su pertenencia, por virtud de sus propiedades químicas, a una *familia*. En la década de los sesenta del siglo XIX se tenía razonable seguridad acerca de la existencia de unos

publicó una tabla –cincuenta ejemplares en francés y ciento cincuenta en ruso– que envió a sus colegas en Rusia y en Europa. Hasta 1869 publicó un artículo de investigación informando de su sistema periódico en una revista rusa, en ruso. Hasta 1871 publicó un artículo con sus resultados que pudiera ser leído por la comunidad científica establecida de la época. En el proceso, prestaría cada vez más atención a lo que habría de ser el éxito más resonante de su obra entera, la predicción de la existencia de elementos hasta entonces desconocidos. En su artículo en ruso de 1870, Mendeleev escribió:

Al señalar la dependencia periódica y atomológica entre el peso atómico y las propiedades de cada elemento, parece posible no sólo destacar la ausencia de ciertos de ellos, sino también determinar con mayor certeza y probabilidad de éxito las propiedades de aquellos elementos aún desconocidos; uno puede señalar su peso atómico, su densidad en forma libre o en la forma de óxido, la acidez o basicidad de sus distintos grados de oxidación, la posibilidad de reducción o de formación de sales dobles, decidir con esto las propiedades de los compuestos metaloorgánicos y clorados del elemento dado –incluso existe la posibilidad de describir las propiedades de ciertos compuestos de los elementos aún desconocidos con gran detalle. He decidido hacer esto para tener la posibilidad, cuando con el tiempo alguna de las sustancias que predigo finalmente se descubra, de que yo mismo y mis colegas científicos tengamos plena certeza de las justificaciones de las propuestas que forman la base del sistema que presento.

Un vistazo a la tabla periódica corta que publicó Mendeleev en 1870, en la que los elementos conocidos están acomodados de acuerdo con sus familias y localizados en renglones de peso atómico semejante, permite ver claramente el origen de su predicción de la existencia de tres elementos, según se muestra en la figura 1.

En la familia III hay espacio para dos elementos. El primero de ellos, razonó Mendeleev, debe tener peso un atómico entre 40 y 50 y propiedades, dentro de la familia III, análogas a las que el titanio tiene en la familia IV. Así se debe parecer más al boro que al aluminio. Lo denominó *ekaboro*. El segundo, con peso atómico entre 65 y 70, debe parecerse más al aluminio, *ekaaluminio*. Hay un espacio adicional en el centro de la tabla, en la familia IV *tiene que existir* el

Figura 1.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H 1							
Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
Na 23	Mg 24	Al 27.3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35.5	
K 39	Ca 40		Ti 50	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe(56), Co(59), Ni(59), Cu(63)
Cu 63	Zn 65			As 75	Se 78	Br 80	
Rb 85	Sr 87	Y 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96		Ru(104), Rh(104), Pd(104), Ag(108)
Ag 108	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 128	I 127	
Cs 133	Ba 137			Ta? 182	W? 184		Os(199), Ir(198), Pt(197), Au(197)
Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208			
R <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O <sub>2</sub> RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>4</sub> RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>6</sub> RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>8</sub> RO <sub>4</sub>

*ekasilicio* con peso atómico entre 70 y 75. Mendeleev escribió acerca de sus predicciones con mucho cuidado, dice Gordin:

[S]iguió la lógica [...] que empieza con el conocimiento más estable para moverse posteriormente a las afirmaciones menos confiables. La predicción del *ekaboro* puede no haber sido la mejor, ya que sólo tenía cuatro elementos vecinos (K, Ca, Ti y V) que pudieran servir de análogos, pero estos análogos estaban extremadamente bien estudiados, y por tanto servían muy bien para convencer a los escépticos. En el artículo de 1871, Mendeleev puso de nuevo al *ekaboro* al principio, y dedicó el mismo espacio a éste y al *ekasilicio*, dejando al *ekaaluminio* con sólo un tercio de la atención. Quería dejar en claro sus predicciones pero no quería sacrificar su credibilidad con los lectores presentando primero el caso más extremo.

Nótese que, desde la ventaja de nuestro punto de vista moderno, se podrían haber hecho otras predicciones: hay un gran salto en los pesos atómicos después del bario y antes del tántalo, por mencionar un ejemplo.

Sin duda cualquiera es cuidadoso ante una predicción de esa magnitud. Y cualquiera reacciona con la certeza de la gloria y la grandeza si tal predicción

se ve confirmada. En 1875 un francés descubrió el ekaaluminio, en 1879 un sueco descubrió el ekaboro, y finalmente, en 1886 un alemán descubrió el ekasilicio. Sin ponerse de acuerdo explícitamente, pero profundamente de acuerdo con la época, los nombraron en honor a su país: galio, escandio y germanio, respectivamente. La fama y la gloria de Mendeleev aumentaron exponencialmente con cada nuevo descubrimiento, y para 1886 era escandalosa. El joven que anunciaba con cautela un descubrimiento se había convertido en el genio que siempre supo de su inmortalidad.

\*\*\*

A la espera de que sus predicciones se hicieran realidad, en los primeros años de la década de los setentas, Mendeleev promovió el patrocinio de su nuevo proyecto de investigación de la manera que habría de volverse estándar en el siglo siguiente. Mediante razonamientos difíciles de oponer acerca de las ventajas que un proyecto de *gran ciencia* tiene sobre los esfuerzos individuales y modestos que pueden financiar los propios investigadores, Mendeleev logró reunir dinero y reclutar personal para realizar sus estudios sobre las propiedades de los gases —prometiendo resultados de importancia práctica tanto para los militares en la balística y los explosivos, como para marineros y granjeros a través de la meteorología—, desde luego bajo su dirección. Aquí

se presenta una de las contradicciones permanentes en la personalidad de Mendeleev: su esfuerzo por institucionalizar las empresas en las que participó y que fueron posibles, inicialmente, gracias a que no estaban institucionalizadas. Lo cierto es que el proyecto de Mendeleev tenía un objetivo central estrictamente científico: el hallazgo de la evidencia de la existencia del éter cósmico a partir de las desviaciones a la ley del gas ideal observadas en experimentos previos.

Ahora sabemos que la periodicidad de los elementos refleja características fundamentales de la estructura de la materia —la composición de los núcleos, el principio de exclusión de Pauli— y entendemos que Mendeleev haya tenido éxito al predecir la existencia de los *ekaelementos*. Pero también sabemos que el éter cósmico no existe y que el objetivo del proyecto de investigación que Mendeleev armó en los setenta, con base en el prestigio logrado por su éxito anterior, estaba condenado a no ser satisfecho nunca. El proyecto se inició, se reportaron algunos trabajos pero gradualmente fue abandonado con diversos pretextos, aunque la causa principal del abandono fue el desplazamiento del interés de Mendeleev en otras direcciones. Ninguna de ellas, nunca más, de carácter científico.

Así, el papel de la fortuna en la biografía de Mendeleev es central. De haber iniciado con la investigación sobre las propiedades de los gases nunca hubiera juntado la fama y la fuerza que le hubieran permitido dirigir su investigación a placer. Sin embargo, la fama y la fuerza que le otorgó su sistema periódico hizo posible que sobreviviera el chasco de la investigación del éter cósmico.

\*\*\*

Los temas que le preocuparon durante el resto de su vida fueron propios de su conversión en una figura pública. En la construcción de esa figura el primer paso fue su pelea por desacreditar a los espiritistas. Como se sabe, a finales del XIX y principios de XX estaba muy extendida la fe en la posibilidad de comunicación con los habitantes del *más allá* a través de golpes en la mesa, levitaciones de la misma y otros tipos de manifestaciones mediadas por un, vaya, *medium*. Los científicos de la época, escépticos de tales manifestaciones y confiados en el poder del conocimiento positivo, se plantearon el desenmascaramiento de tales prácticas como charlatanería pura. Muy a la manera en que ahora, a principios del siglo XXI, se pueden establecer debates entre maussanes y científicos acerca de un encuentro cercano de

algún tipo. De manera interesante, el periodismo ilustrado de la época simpatizó con Mendeleev y su esfuerzo antiespiritista, y lo hizo el campeón del racionalismo y el pensamiento científico contribuyendo a establecer su fama nacional. Mendeleev demostró para su satisfacción y la de sus seguidores la inexistencia del fenómeno espiritista —del cual este tipo de gente ya estaba convencida. Quienes creían en dicho fenómeno ni se enteraron. Pero la posición de Mendeleev como el científico del imperio quedó firmemente establecida. El científico que había predicho acertadamente la existencia de elementos desconocidos era ahora conocido en todo el imperio.

El otro evento que terminó por cimentar su fama de hombre público fue también debido a la fortuna. Por razones, de esas tan frecuentes, que involucran la incapacidad que tenemos de saber cuáles serán las consecuencias de nuestras acciones y cómo serán juzgadas por la posteridad, la Academia de Ciencias de San Petersburgo nunca admitió a Mendeleev como miembro. La Academia era una institución paralela a la Universidad. Un académico recibía un salario de la Academia y por lo general dejaba su asociación con alguna institución educativa. Dominada por académicos extranjeros, el rechazo de la Academia a Mendeleev fue interpretado por el público del imperio en términos nacionalistas, y Mendeleev elevado a la calidad de campeón del imperio: razones adicionales para aumentar su fama.

Al inicio de la última década del siglo XIX, Mendeleev era la personificación del científico y de la ciencia rusa. Los tiempos dictaron cómo habría de ejercer esa posición.

\*\*\*

El final del siglo XIX en Rusia lo constituyeron tiempos interesantes, como todos. Apenas en 1861 se había decretado la emancipación de los siervos —la abolición de la ley que impedía que un campesino abandonara su lugar natal o trabajara en otra cosa o para otro amo que su terrateniente local— y había aires de cambio en el imperio Ruso que se esforzaba por alcanzar a las naciones europeas en su vertiginoso desarrollo. Mendeleev utilizó su fama para contribuir a ese proceso como experto científico. Participó en cuantas empresas pudo: apoyó con su peso político y sus opiniones técnicas la explotación de los yacimientos petroleros del área de Baku, estudió y opinó sobre la industria de los lácteos en Rusia, fomentó el empleo de los globos aerostáticos en la meteorología, apoyó la búsqueda de una ruta marítima por el ártico, escribió en extenso sobre la

economía rusa y su relación con las características esenciales del pueblo ruso, sugirió regulaciones en la producción y venta de alcohol –tanto que en dos vueltas de tuerca se le ha supuesto el inventor de la norma del vodka de cuarenta grados y de ahí el inventor del vodka mismo–. Pero el proyecto de reforma en el imperio al que dedicó mayor esfuerzo fue la estandarización de los pesos y medidas dentro del sistema métrico decimal. En los últimos años de su vida, después de renunciar como profesor en la universidad –en el contexto de una huelga estudiantil– se convirtió en director de la Oficina Central de Pesos y Medidas y conservó esa responsabilidad hasta su muerte en 1907.

Ninguno de estos proyectos tuvo ni remotamente el éxito que él mismo esperaba. Todos fueron abandonados inconclusos. En todos se vio siempre el intento por establecer instituciones permanentes, que no dependieran de los personajes del momento, sino que tuvieran un funcionamiento predecible y constante.

La imposibilidad de realizar estos proyectos y la imposibilidad de repetir el éxito que tuvo con la formulación del sistema periódico fueron minando su confianza y su optimismo. Pero todavía el destino le deparó dos últimos golpes devastadores: la modificación esencial del sistema político en el que había hecho su nombre y su fortuna, y la modificación esencial de los conceptos de la química que había ayudado a establecer con su sistema periódico.

En 1905 una breve revolución terminó con el poder autocrático del Zar y trasladó al menos parte del poder político a una cámara de representantes. Mendeleev había sido eficaz en hacerse escuchar por la persona que decide pero consideraba imposible convencer a multitudes de políticos que tendrían que hacer más política para iniciar un proyecto. La forma como había aprendido a ejercer su papel como autoridad científica no correspondía al nuevo régimen.

El último golpe se lo dio la realidad científica. Ahora sabemos que la tabla periódica acomoda perfectamente nuestro conocimiento de la estructura de la materia, pero en la época parecía que los nuevos descubrimientos amenazaban el ordenamiento elemental de Mendeleev. Para 1900 había evidencias de que el sistema periódico no estaba completo. Mendeleev aceptó la existencia de los gases nobles porque encontró rápidamente que su sistema los podía acomodar sin cambios; sin embargo, nunca pudo aceptar la evidencia de que los

átomos tienen estructura porque siempre pensó que eso habría de destruir su obra. Se opuso, infructuosamente, manteniendo una posición cada vez más insostenible, a la evidencia de la existencia de los electrones, a la interpretación de la radioactividad, al descubrimiento de nuevos elementos.

\*\*\*

Una anécdota de su vida privada es famosa. Casado con su primera esposa en 1862 –a los 28 años– se divorció en 1882 para casarse de nuevo ese mismo año –de hecho, *antes* de la disolución del primer matrimonio:

De acuerdo con la ley Ortodoxa, Mendeleev debía esperar siete años antes de casarse de nuevo, y la violación de ese periodo de espera se consideraba bigamia. En enero de 1882, aún antes de la disolución oficial de su matrimonio, Mendeleev se casó en una ceremonia ortodoxa en la iglesia del Almirantazgo, privilegio que consiguió gratificando al prelado con diez mil rublos. De esa forma Mendeleev vivió los primeros años de la década de los ochentas como un bigamo reconocido públicamente. Más tarde, cuando un prominente burócrata pretendía hacer un cambio semejante de matrimonio y le solicitó al nuevo zar, Alejandro III, la dispensa correspondiente citando el caso de Mendeleev como un precedente favorable. El Zar se negó, diciendo, según se cuenta, “Mendeleev tiene dos esposas, pero yo sólo tengo un Mendeleev”.

Mendeleev estuvo en la lista final de candidatos para el premio Nobel de Química de 1906 –cuando ya habían nacido los bisabuelos de todos los químicos actuales–. El comité opinó que la propuesta de la tabla periódica no había predicho la existencia de los gases nobles y por eso prefirió otorgarlo al purificador del flúor e inventor del horno eléctrico, F.F.H. Moissan. La razón verdadera bien pudo ser la violenta oposición de Arrhenius, cuya teoría de soluciones había criticado Mendeleev en los ochenta.

\*\*\*

Mendeleev es uno de los primeros científicos modernos. El siglo XX habría de ver muchos otros que siguieron sus pasos para convertirse en figuras públicas de incuestionable influencia en los destinos de sus naciones. El estilo de hacer ciencia que inició Mendeleev en el imperio ruso ha producido innegables éxitos en los casi ciento cincuenta años que han pasado desde entonces.