

pondientes en cartulina, las recortó y empezó a jugar con ellas. Mediante ese juego, Watson descubrió la mañana del 28 de febrero de 1953 uno de los principios más importantes de la biología: el de la complementariedad de bases (según el cual A se aparea con T y C se aparea con G, como puede leerse en un libro básico de biología).

Estos dos ejemplos nos muestran que los modelos, además de ser el producto de la imaginación, son también promotores de la imaginación, porque permiten a los investigadores jugar con sus ideas, probar nuevas combinaciones, "ver qué pasa". En ambos casos, los juegos e imaginativos llegaron a las ideas clave antes que aquellos que juntaban dato sobre dato sin atreverse a soñar.

Capítulo 9 La Tabla

La Tabla Periódica era increíblemente hermosa, la cosa más bella que hubiera visto nunca. Nunca logré analizar adecuadamente qué quise decir aquí con belleza. ¿Simplicidad? ¿Coherencia? ¿Inevitabilidad? O quizá sólo era la simetría, la comprensividad de cada elemento firmemente trabado en su lugar, sin agujeros, sin excepciones, cada cosa implicando todas las demás.

OLIVER SACKS

En el verano de 1860 llegaron al Congreso de Karlsruhe dos vivaces estudiantes rusos. Uno de ellos era Alexander Borodin, quien más tarde se convertiría en uno de los más importantes compositores rusos y pasaría a la fama con, entre otras obras, la ópera *El príncipe Igor*.³⁵ El otro, amigo del primero, iba a recibir en el congreso un sacudón intelectual que terminaría catapultándolo al panteón de los dioses de la química. Era Dimitri Ivanovich Mendeleev, el padre de la Tabla Periódica.³⁶

³⁵ La obertura a esta ópera recibe el nombre de "Las danzas polovtsianas" y tiene una linda melodía que puede reconocerse en la canción "Quiéreme" de Julio Iglesias y en otra en inglés titulada "A stranger in paradise".

³⁶ La Tabla Periódica no fue creada por una sola persona. Fue el resultado de una evolución más bien paulatina de ideas. Las ba-

La Tabla Periódica de los Elementos es el símbolo emblemático de la química. La encontramos en todas las aulas de ciencia y en sus libros. Aparece pintada en remeras y en corbatas, y hasta en calzoncillos, y ha sido la inspiración de varias impostoras menos científicas (y nada periódicas) como la "tabla periódica de las frutas" o la "tabla periódica de los postres". La Tabla, sin duda, ha dejado una huella permanente en la cultura de nuestra civilización. Obviamente, la asociamos con los átomos y la teoría atómica. Irónicamente, su inicio tuvo poco que ver con los átomos, pero su impacto contribuyó a hacer del átomo una realidad física creíble.

La Tabla tiene infinidad de virtudes, muchas profundas, pero entre ellas se destaca el ser un modo económico de clasificar los elementos químicos. Como sistema de clasificación, la Tabla tiene un evidente beneficio didáctico: de un golpe uno puede ver, lógicamente ordenados, todos los ladrillos fundamentales que componen el Universo. Nada más ni nada menos.

ses conceptuales de la Tabla fueron establecidas de forma independiente por varios autores, además de Mendeleev. Entre ellos se encuentran el francés de Chancourtois, el inglés Newlands, y sobre todo el alemán Lothar Meyer. Sería interesante explorar cómo estos autores, y aquellos que allanaron el terreno con innumerables ideas y descubrimientos fueron dándoles forma a las ideas detrás de la Tabla. Concentrarse sólo en Mendeleev es en parte serle infiel a la historia, pero lo cierto es que el ruso estudió más el tema y con mayor profundidad que ninguno de los otros.

6		Número atómico		Símbolo químico		Nombre químico		Peso atómico relativo	
C						Carbono		12,01	

1	H	Hidrógeno	1,008	3	Li	Litio	6,941	11	Na	Sodio	22,99	19	K	Potasio	39,10	27	Co	Cobalto	58,93	35	Br	Bromo	79,90	43	As	Arsénico	74,92	51	Sb	Antimonio	121,8	59	Y	Yttrio	88,91	67	Ho	Holmio	164,9	75	Re	Reniio	186,2	83	B	Boro	10,81	91	Pa	Protactinio	231,0	99	Ac	Actinio	227,0	107	Bh	Berio	264,1	115	Uup	Ununpentio	288	123	Uub	Ununbio	286	131	Uut	Ununtrio	284	139	Uuh	Ununhexio	286	147	Uus	Ununseptio	286	155	Uuo	Ununoctio	286	163	Uuh	Ununnonio	286	171	Uuo	Ununoctio	286	179	Uuo	Ununoctio	286	187	Uuo	Ununoctio	286	195	Uuo	Ununoctio	286	203	Uuo	Ununoctio	286	211	Uuo	Ununoctio	286	219	Uuo	Ununoctio	286	227	Uuo	Ununoctio	286	235	Uuo	Ununoctio	286	243	Uuo	Ununoctio	286	251	Uuo	Ununoctio	286	259	Uuo	Ununoctio	286	267	Uuo	Ununoctio	286	275	Uuo	Ununoctio	286	283	Uuo	Ununoctio	286	291	Uuo	Ununoctio	286	299	Uuo	Ununoctio	286	307	Uuo	Ununoctio	286	315	Uuo	Ununoctio	286	323	Uuo	Ununoctio	286	331	Uuo	Ununoctio	286	339	Uuo	Ununoctio	286	347	Uuo	Ununoctio	286	355	Uuo	Ununoctio	286	363	Uuo	Ununoctio	286	371	Uuo	Ununoctio	286	379	Uuo	Ununoctio	286	387	Uuo	Ununoctio	286	395	Uuo	Ununoctio	286	403	Uuo	Ununoctio	286	411	Uuo	Ununoctio	286	419	Uuo	Ununoctio	286	427	Uuo	Ununoctio	286	435	Uuo	Ununoctio	286	443	Uuo	Ununoctio	286	451	Uuo	Ununoctio	286	459	Uuo	Ununoctio	286	467	Uuo	Ununoctio	286	475	Uuo	Ununoctio	286	483	Uuo	Ununoctio	286	491	Uuo	Ununoctio	286	499	Uuo	Ununoctio	286	507	Uuo	Ununoctio	286	515	Uuo	Ununoctio	286	523	Uuo	Ununoctio	286	531	Uuo	Ununoctio	286	539	Uuo	Ununoctio	286	547	Uuo	Ununoctio	286	555	Uuo	Ununoctio	286	563	Uuo	Ununoctio	286	571	Uuo	Ununoctio	286	579	Uuo	Ununoctio	286	587	Uuo	Ununoctio	286	595	Uuo	Ununoctio	286	603	Uuo	Ununoctio	286	611	Uuo	Ununoctio	286	619	Uuo	Ununoctio	286	627	Uuo	Ununoctio	286	635	Uuo	Ununoctio	286	643	Uuo	Ununoctio	286	651	Uuo	Ununoctio	286	659	Uuo	Ununoctio	286	667	Uuo	Ununoctio	286	675	Uuo	Ununoctio	286	683	Uuo	Ununoctio	286	691	Uuo	Ununoctio	286	699	Uuo	Ununoctio	286	707	Uuo	Ununoctio	286	715	Uuo	Ununoctio	286	723	Uuo	Ununoctio	286	731	Uuo	Ununoctio	286	739	Uuo	Ununoctio	286	747	Uuo	Ununoctio	286	755	Uuo	Ununoctio	286	763	Uuo	Ununoctio	286	771	Uuo	Ununoctio	286	779	Uuo	Ununoctio	286	787	Uuo	Ununoctio	286	795	Uuo	Ununoctio	286	803	Uuo	Ununoctio	286	811	Uuo	Ununoctio	286	819	Uuo	Ununoctio	286	827	Uuo	Ununoctio	286	835	Uuo	Ununoctio	286	843	Uuo	Ununoctio	286	851	Uuo	Ununoctio	286	859	Uuo	Ununoctio	286	867	Uuo	Ununoctio	286	875	Uuo	Ununoctio	286	883	Uuo	Ununoctio	286	891	Uuo	Ununoctio	286	899	Uuo	Ununoctio	286	907	Uuo	Ununoctio	286	915	Uuo	Ununoctio	286	923	Uuo	Ununoctio	286	931	Uuo	Ununoctio	286	939	Uuo	Ununoctio	286	947	Uuo	Ununoctio	286	955	Uuo	Ununoctio	286	963	Uuo	Ununoctio	286	971	Uuo	Ununoctio	286	979	Uuo	Ununoctio	286	987	Uuo	Ununoctio	286	995	Uuo	Ununoctio	286	1003	Uuo	Ununoctio	286	1011	Uuo	Ununoctio	286	1019	Uuo	Ununoctio	286	1027	Uuo	Ununoctio	286	1035	Uuo	Ununoctio	286	1043	Uuo	Ununoctio	286	1051	Uuo	Ununoctio	286	1059	Uuo	Ununoctio	286	1067	Uuo	Ununoctio	286	1075	Uuo	Ununoctio	286	1083	Uuo	Ununoctio	286	1091	Uuo	Ununoctio	286	1099	Uuo	Ununoctio	286	1107	Uuo	Ununoctio	286	1115	Uuo	Ununoctio	286	1123	Uuo	Ununoctio	286	1131	Uuo	Ununoctio	286	1139	Uuo	Ununoctio	286	1147	Uuo	Ununoctio	286	1155	Uuo	Ununoctio	286	1163	Uuo	Ununoctio	286	1171	Uuo	Ununoctio	286	1179	Uuo	Ununoctio	286	1187	Uuo	Ununoctio	286	1195	Uuo	Ununoctio	286	1203	Uuo	Ununoctio	286	1211	Uuo	Ununoctio	286	1219	Uuo	Ununoctio	286	1227	Uuo	Ununoctio	286	1235	Uuo	Ununoctio	286	1243	Uuo	Ununoctio	286	1251	Uuo	Ununoctio	286	1259	Uuo	Ununoctio	286	1267	Uuo	Ununoctio	286	1275	Uuo	Ununoctio	286	1283	Uuo	Ununoctio	286	1291	Uuo	Ununoctio	286	1299	Uuo	Ununoctio	286	1307	Uuo	Ununoctio	286	1315	Uuo	Ununoctio	286	1323	Uuo	Ununoctio	286	1331	Uuo	Ununoctio	286	1339	Uuo	Ununoctio	286	1347	Uuo	Ununoctio	286	1355	Uuo	Ununoctio	286	1363	Uuo	Ununoctio	286	1371	Uuo	Ununoctio	286	1379	Uuo	Ununoctio	286	1387	Uuo	Ununoctio	286	1395	Uuo	Ununoctio	286	1403	Uuo	Ununoctio	286	1411	Uuo	Ununoctio	286	1419	Uuo	Ununoctio	286	1427	Uuo	Ununoctio	286	1435	Uuo	Ununoctio	286	1443	Uuo	Ununoctio	286	1451	Uuo	Ununoctio	286	1459	Uuo	Ununoctio	286	1467	Uuo	Ununoctio	286	1475	Uuo	Ununoctio	286	1483	Uuo	Ununoctio	286	1491	Uuo	Ununoctio	286	1499	Uuo	Ununoctio	286	1507	Uuo	Ununoctio	286	1515	Uuo	Ununoctio	286	1523	Uuo	Ununoctio	286	1531	Uuo	Ununoctio	286	1539	Uuo	Ununoctio	286	1547	Uuo	Ununoctio	286	1555	Uuo	Ununoctio	286	1563	Uuo	Ununoctio	286	1571	Uuo	Ununoctio	286	1579	Uuo	Ununoctio	286	1587	Uuo	Ununoctio	286	1595	Uuo	Ununoctio	286	1603	Uuo	Ununoctio	286	1611	Uuo	Ununoctio	286	1619	Uuo	Ununoctio	286	1627	Uuo	Ununoctio	286	1635	Uuo	Ununoctio	286	1643	Uuo	Ununoctio	286	1651	Uuo	Ununoctio	286	1659	Uuo	Ununoctio	286	1667	Uuo	Ununoctio	286	1675	Uuo	Ununoctio	286	1683	Uuo	Ununoctio	286	1691	Uuo	Ununoctio	286	1699	Uuo	Ununoctio	286	1707	Uuo	Ununoctio	286	1715	Uuo	Ununoctio	286	1723	Uuo	Ununoctio	286	1731	Uuo	Ununoctio	286	1739	Uuo	Ununoctio	286	1747	Uuo	Ununoctio	286	1755	Uuo	Ununoctio	286	1763	Uuo	Ununoctio	286	1771	Uuo	Ununoctio	286	1779	Uuo	Ununoctio	286	1787	Uuo	Ununoctio	286	1795	Uuo	Ununoctio	286	1803	Uuo	Ununoctio	286	1811	Uuo	Ununoctio	286	1819	Uuo	Ununoctio	286	1827	Uuo	Ununoctio	286	1835	Uuo	Ununoctio	286	1843	Uuo	Ununoctio	286	1851	Uuo	Ununoctio	286	1859	Uuo	Ununoctio	286	1867	Uuo	Ununoctio	286	1875	Uuo	Ununoctio	286	1883	Uuo	Ununoctio	286	1891	Uuo	Ununoctio	286	1899	Uuo	Ununoctio	286	1907	Uuo	Ununoctio	286	1915	Uuo	Ununoctio	286	1923	Uuo	Ununoctio	286	1931	Uuo	Ununoctio	286	1939	Uuo	Ununoctio	286	1947	Uuo	Ununoctio	286	1955	Uuo	Ununoctio	286	1963	Uuo	Ununoctio	286	1971	Uuo	Ununoctio	286	1979	Uuo	Ununoctio	286	1987	Uuo	Ununoctio	286	1995	Uuo	Ununoctio	286	2003	Uuo	Ununoctio	286	2011	Uuo	Ununoctio	286	2019	Uuo	Ununoctio	286	2027	Uuo	Ununoctio	286	2035	Uuo	Ununoctio	286	2043	Uuo	Ununoctio	286	2051	Uuo	Ununoctio	286	2059	Uuo	Ununoctio	286	2067	Uuo	Ununoctio	286	2075	Uuo	Ununoctio	286	2083	Uuo	Ununoctio	286	2091	Uuo	Ununoctio	286	2099	Uuo	Ununoctio	286	2107	Uuo	Ununoctio	286	2115	Uuo	Ununoctio	286	2123	Uuo	Ununoctio	286	2131	Uuo	Ununoctio	286	2139	Uuo	Ununoctio	286	2147	Uuo	Ununoctio	286	2155	Uuo	Ununoctio	286	2163	Uuo	Ununoctio	286	2171	Uuo	Ununoctio	286	2179	Uuo	Ununoctio	286	2187	Uuo	Ununoctio	286	2195	Uuo	Ununoctio	286	2203	Uuo	Ununoctio	286	2211	Uuo	Ununoctio	286	2219	Uuo	Ununoctio	286	2227	Uuo	Ununoctio	286	2235	Uuo	Ununoctio	286	2243	Uuo	Ununoctio	286	2251	Uuo	Ununoctio	286	2259	Uuo	Ununoctio	286	2267	Uuo	Ununoctio	286	2275	Uuo	Ununoctio	286	2283	Uuo	Ununoctio	286	2291	Uuo	Ununoctio	286	2299	Uuo	Ununoctio	286	2307	Uuo	Ununoctio	286	2315	Uuo	Ununoctio	286	2323	Uuo	Ununoctio	286	2331	Uuo	Ununoctio	286	2339	Uuo	Ununoctio	286	2347	Uuo	Ununoctio	286	2355	Uuo	Ununoctio	286	2363	Uuo	Ununoctio	286	2371	Uuo	Ununoctio	286	2379	Uuo	Ununoctio	286	2387	Uuo	Ununoctio	286	2395	Uuo	Ununoctio	286	2403	Uuo	Ununoctio	286	2411	Uuo	Ununoctio	286	2419	Uuo	Ununoctio	286	2427	Uuo	Ununoctio	286	2435	Uuo	Ununoctio	286	2443	Uuo	Ununoctio	286	2451	Uuo	Ununoctio	286	2459	Uuo	Ununoctio	286	2467	Uuo	Ununoctio	286	2475	Uuo	Ununoctio	286	2483	Uuo	Ununoctio	286	2491	Uuo	Ununoctio	286	2499	Uuo	Ununoctio	286	2507	Uuo	Ununoctio	286	2515	Uuo	Ununoctio	286	2523	Uuo	Ununoctio	286	2531	Uuo	Ununoctio	286	2539	Uuo	Ununoctio	286	2547	Uuo	Ununoctio	286	2555	Uuo	Ununoctio	286	2563	Uuo	Ununoctio	286	2571	Uuo	Ununoctio	286	2579	Uuo	Ununoctio	286	2587	Uuo	Ununoctio	286	2595	Uuo	Ununoctio	286	2603	Uuo	Ununoctio	286	2611	Uuo	Ununoctio	286	2619	Uuo	Ununoctio	286	2627	Uuo	Ununoctio	286	2635	Uuo	Ununoctio	286	2643	Uuo	Ununoctio	286	2651	Uuo	Ununoctio	286	2659	Uuo	Ununoctio	286	2667	Uuo	Ununoctio	286	2675	Uuo	Ununoctio	286	2683	Uuo	Ununoctio	286	2691	Uuo	Ununoctio	286	2699	Uuo	Ununoctio	286	2707	Uuo	Ununoctio	286	2715	Uuo	Ununoctio	286	2723	Uuo	Ununoctio	286	2731	Uuo	Ununoctio	286	2739	Uuo	Ununoctio	286	2747	Uuo	Ununoctio	286	2755	Uuo	Ununoctio	286	2763	Uuo	Ununoctio	286	2771	Uuo	Ununoctio	286	2779	Uuo	Ununoctio	286	2787	Uuo	Ununoctio	286	2795	Uuo	Ununoctio	286	2803	Uuo	Ununoctio	286	2811	Uuo	Ununoctio	286	2819	Uuo	Ununoctio	286	2827	Uuo	Ununoctio	286	2835	Uuo	Ununoctio	286	2843	Uuo	Ununoctio	286	2851	Uuo	Ununoctio	286	2859	Uuo	Ununoctio	286	2867	Uuo	Ununoctio	286	2875	Uuo	Ununoctio	286	2883	Uuo	Ununoctio	286	2891	Uuo	Ununoctio	286	2899	Uuo	Ununoctio	286	2907	Uuo	Ununoctio	286	2915	Uuo	Ununoctio	286	2923	Uuo	Ununoctio
---	---	-----------	-------	---	----	-------	-------	----	----	-------	-------	----	---	---------	-------	----	----	---------	-------	----	----	-------	-------	----	----	----------	-------	----	----	-----------	-------	----	---	--------	-------	----	----	--------	-------	----	----	--------	-------	----	---	------	-------	----	----	-------------	-------	----	----	---------	-------	-----	----	-------	-------	-----	-----	------------	-----	-----	-----	---------	-----	-----	-----	----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	------------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	-----	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------	-----	------	-----	-----------

La Tabla es hija indirecta de los esfuerzos organizativos del Congreso de Karlsruhe y de las brillantes ideas de Cannizzaro.

Mendeleyev estaba realizando parte de sus estudios en química en la ciudad alemana de Heidelberg cuando se convocó el congreso. Allí se codeó con varios químicos importantes, como Richard Erlenmeyer (creador del frasco cónico, que es un verdadero ícono del laboratorio químico) y Robert Bunsen (creador del igualmente famoso mechero Bunsen). Mendeleyev volvió a San Petersburgo en febrero de 1861,³⁷ cinco días antes de que el zar Alejandro II emitiera el Manifiesto de Emancipación de los Siervos, la primera de una serie de reformas que transformarían a la Rusia feudal en un Estado europeo más moderno. Dimitri había de encontrar muchas oportunidades en esa nueva sociedad, la que también ayudó a ordenar. El mundo de los elementos químicos no era el único que requería de un profundo esfuerzo organizativo.

Ordenar para explicar

Recién llegado de Alemania, Mendeleyev no tenía un peso partido al medio. Para ganarse unos rublos, se puso a escribir un libro de química orgánica, y le fue

³⁷ Ésta es la fecha de acuerdo con el calendario gregoriano en uso actual. En esa época, Rusia todavía usaba el calendario juliano, que (en ese entonces) estaba adelantado doce días.

de maravillas. Pronto consiguió un puesto de profesor en la Universidad de San Petersburgo y en 1867 se hizo cargo de la cátedra básica de Química General e Inorgánica. Descubrió que no existían buenos libros actualizados de química general en ruso, de modo que decidió escribir un libro él mismo para que lo pudieran usar sus alumnos universitarios. Cuando comenzó a abordar el mundo de las sustancias inorgánicas y el de los elementos que las componen, advirtió que el tema era demasiado vasto y que necesitaba desesperadamente algún criterio organizador que le permitiera transmitir con eficacia los conceptos y la enorme cantidad de información relevante.

En más o menos un año había logrado lo que se había propuesto: un recurso ordenador que le permitiera enseñar mejor: la Tabla. Desarrolló, primero, una versión cruda que contenía los elementos más livianos. Enseguida, advirtió que lo que tenía entre manos era mucho más que lo que había pensado originariamente, que esta Tabla revelaba un orden fundamental del Universo. Se apresuró entonces a publicarla para la comunidad científica y se dedicó a investigar a fondo cómo incluir todos los elementos en ella, a pulirle los bordes. Esta tarea le llevaría casi diez años. De modo que el origen de la Tabla no es otro que una simple y sencilla necesidad pedagógica.

La génesis de la Tabla

Nadie sabe bien cómo se le ocurrió la idea de la Tabla a Mendeleyev. Existe una versión según la cual todo ocurrió en el transcurso de un día (miércoles 17 de febrero de 1869), en el que Mendeleyev escribió los símbolos químicos de todos los elementos hasta entonces conocidos en tarjetas de cartulina, y que después se dedicó a jugar algo así como "solitarios" con cartas químicas. En una de esas, dice la leyenda, le salió la Tabla. Esta versión no goza de mucho crédito entre los historiadores. Como con Dalton, la reconstrucción del proceso de pensamiento de Mendeleyev es difícil. En este libro sólo plantaremos una forma en la que *pudo* haber procedido, a los fines simplemente de entender la lógica de la Tabla y sin pretender que la descripción se ajuste a lo que realmente sucedió. Al mismo tiempo, vamos a tratar de ver a vuelo de pájaro en qué consiste esta famosa Tabla.

En primer lugar, ¿cuáles son esos elementos que había que clasificar? Cuando Lavoisier introdujo la idea de elemento químico, confeccionó una lista de 33 elementos, de los cuales sólo 23 se consideran aún como tales. Hacia la época del Congreso de Karlsruhe la lista ya tenía 49 elementos. La Tabla moderna contiene 92 elementos que se encuentran en la naturaleza y muchos otros sintetizados en laboratorios (generalmente usando aceleradores de partículas y consiguiendo las exiguas cantidades de uno o dos átomos); en 2006, por ejemplo, se logró sintetizar el elemento número 118. Pero en la

época en que Mendeleyev atacó el problema, debía poner orden a un conjunto de tan sólo 62 elementos. El no tener el juego completo de elementos presentó varios problemas a Mendeleyev y es un tributo a su genio que los haya resuelto. En particular, señalemos que ninguno de los elementos de la última columna (los gases nobles) se conocían en ese entonces.

Mendeleyev conocía muy bien los elementos que quería clasificar: era un verdadero erudito de la química. Sabía que los elementos vienen en familias con propiedades similares y este conocimiento jugó un papel central en la elaboración de la Tabla. Antes que él, muchos otros pensadores habían clasificado los elementos en grupos por semejanzas químicas. De hecho, hasta existían versiones previas de la Tabla, aunque el ruso no estaba muy al tanto de éstas. Además de los agrupamientos por afinidad de propiedades, el otro concepto rector del pensamiento de Mendeleyev fue el de peso atómico. Mendeleyev creía firmemente que el *peso atómico* era la propiedad definitoria de los elementos, de la cual dependían las demás. Esta gigantesca fe en la importancia central del peso atómico es, sin duda, un legado de la potencia de las ideas de Cannizzaro.

La Tabla actual refleja esos dos criterios centrales. La Tabla se lee de izquierda a derecha y de arriba abajo, como cualquier texto castellano. Cada elemento químico tiene un casillero. Los elementos están ordenados, salvo raras excepciones que discutiremos enseguida, en orden creciente de peso atómico, de modo que el hidrógeno

es el primer elemento de la Tabla en la esquina superior izquierda. Los elementos en una misma columna tienen propiedades químicas similares, son las familias que Mendelejev conocía bien. Por ejemplo, la primera columna, de la que el litio es el elemento paradigmático, contiene la familia de los "metales alcalinos". Estos metales brillan como los otros, pero por lo general son mucho más blandos y terriblemente más reactivos. Por ejemplo, si ponemos un pedazo de sodio en agua, el metal empieza a efervecer violentamente y, por lo común, estalla en llamas. No es lo que se espera de un pedazo de hierro o plata. No todas las filas tienen el mismo número de columnas; a medida que avanzamos en la Tabla, el número de columnas aumenta en varias ocasiones. Esto hace a la Tabla parecer más complicada, pero la idea fundamental se encuentra en la noción de que las columnas contienen elementos con características similares. En la Tabla hay otras bellezas que veremos pronto.

Las familias químicas reconocidas en la época de Mendelejev contenían elementos con la misma valencia. Así, los elementos de la familia de metales alcalinos que mencionamos más arriba tienen todos una valencia de 1, es decir, tienen un solo punto de unión con otros átomos. Otra familia de elementos era la de los "alcalino-térreos", también metales muy reactivos, pero en menor medida que sus primos los alcalinos. Esta otra familia reúne elementos con valencia de 2. Algunas familias son difíciles de establecer. Por ejemplo, hay una llamada de elemen-

tos halógenos que contiene dos gases venenosos (flúor y cloro), un líquido (bromo) y un sólido violeta (yodo). Pero todos ellos forman sales parecidas cuando reaccionan con otros elementos, y además todos tienen generalmente una valencia de 1.

Mendelejev notó que, si nos concentramos en el peso atómico, vemos que a cada miembro de una familia le sigue, por lo general, un elemento de otra familia. Es decir, cada familia tiene una familia vecina. Y más aún, a los elementos de la familia de los alcalinos (valencia 1) le sigue siempre un elemento de la familia de los alcalino-térreos (valencia 2). Por ejemplo, al sodio le sigue el magnesio, al potasio le sigue el calcio. A ellos sigue generalmente un elemento con valencia de 3; a éstos, uno con valencia de 4; luego elementos con valencia de 3 otra vez; luego de 2 y finalmente de 1.

De este modo, Mendelejev logró armar una tabla (al principio provisoria) en la que los elementos estuvieron ordenados por peso atómico creciente, y en la que, a la vez, cada columna contenía elementos con la misma valencia. No sólo eso, resultó que las valencias tenían un elegante patrón de sube-y-baja: valencias de 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1. Usando la Tabla actual, vemos lo siguiente:

Elemento	Litio	Berilio	Boro	Carbono	Nitrógeno	Oxígeno	Flúor
Peso atómico	6,9	9,0	10,8	12,0	14,0	16,0	19,0
Valencia	1	2	3	4	3	2	1

Esto quiere decir que, si uno va observando los elementos uno a uno en orden creciente de pesos atómicos, ve que las propiedades se repiten con cierto ritmo: después de un halógeno (como el flúor o el cloro) siempre viene un metal alcalino, después de un metal alcalino siempre viene un metal alcalino-térreo. Esta repetición de propiedades es a lo que alude la palabra "periódico". Es como decir que siempre después de un lunes viene un martes, o que siempre después de un "re" viene un "mi",³⁸ o que después del otoño vienen los fríos.

Una vez que Mendeleev "vio" este patrón, empezó a tratar de acomodar todos los datos a su disposición dentro del esquema. Como veremos, esto no resultó una tarea sencilla. Lo interesante de la historia es cómo Mendeleev resolvió esos problemas.

Elementos que no encajaban

No todos los elementos caían perfectamente en el lugar adecuado. Determinar "el lugar" de un elemento no era una tarea trivial; por un lado, porque las propiedades

³⁸ Las dos primeras repeticiones de la Tabla tenían en ese entonces 7 elementos (el octavo es parecido al primero); esto sugirió al científico inglés John Newlands lo que designó (en anticipación al trabajo de Mendeleev) como la Ley de Octavas. Esa comparación con la música le valió la infundada ridiculización de la comunidad científica.

de los elementos no son tan fáciles de analizar y no siempre dan familias de elementos perfectamente delimitadas y, por otro lado, porque muchas veces seguían existiendo dudas acerca de la exactitud de los pesos atómicos calculados.

Frente a esta situación, Mendeleev tenía varias alternativas. Podía desechar la idea misma de que las propiedades de los elementos se repetían de manera periódica; en otras palabras, tirar la Tabla a la basura. Podía cuestionar la verosimilitud de las propiedades de los elementos tal como eran conocidas en ese entonces. O podía poner en tela de juicio los números publicados de los pesos atómicos de los diferentes elementos.

Obviamente, la primera opción no estaba abierta psicológicamente a Mendeleev, porque uno siempre ama el producto de su propia creación. Además, porque ¿cuál es la gracia de darse por vencido de entrada? La segunda opción tampoco era viable, porque Mendeleev conocía muy bien las propiedades químicas de los elementos en el laboratorio y tenía un *feeling* muy profundo de cada elemento. De modo que atacó el único flanco abierto: los pesos atómicos de los elementos que no encajaban debían estar mal calculados.

¿Cómo es esto posible? Los elementos más livianos (los primeros de la Tabla) forman sustancias gaseosas o volátiles, las cuales pueden ser analizadas por el método Cannizzaro. Pero el lector sagaz habrá notado que el método del italiano no sirve si las sustancias que forman un elemento son todas líquidas o sólidas, como es

el caso, por ejemplo, de la mayoría de los metales. Para los metales se usaba un descubrimiento curioso que realizaron los franceses Pierre-Louis Dulong y Alexis Petit (en 1819). Resulta que cada sustancia necesita una cantidad de calor (medido en calorías) diferente para ser calentada un grado centígrado. Si uno multiplica esta cantidad de calor para cada elemento por su peso atómico, el resultado es siempre 6 o cercano a 6. Parece raro, ¿no? Muy raro, pero a la vez muy útil, y recibe el nombre de Ley de Dulong y Petit, obviamente. Este sistema había provisto de cifras para los pesos atómicos de los metales conocidos.

Uno de los elementos que causaban dolores de cabeza a Mendeleyev era nada más ni nada menos que el berilio, uno de los primeros de la Tabla. El método de Dulong y Petit daba un peso atómico de 14.6. Esto colocaba al berilio muy cerca del nitrógeno, pero donde no encajaba en ningún casillero. El berilio es un metal que se parece más a los elementos del lado izquierdo de la Tabla, mientras que el nitrógeno está en el costado derecho. Mendeleyev se valió de algunos trucos astutos y propuso que el berilio debía tener una valencia de 2 y que, de acuerdo con la composición de sus óxidos, su peso atómico debía ser alrededor de 9, lo cual lo movía al costado izquierdo de la Tabla. Esto equivalía a argüir que la Ley de Dulong y Petit no se aplicaba a este caso, y que la estructura de su Tabla (un ente teórico) debía tomar precedencia frente a una ley experimental. Ésta era una propuesta audaz. Como resultado, el berilio debía

ir inmediatamente después del litio, encabezando la columna número dos. Determinaciones posteriores establecieron que el hechicero ruso tenía razón y ahí es donde está el berilio ahora, lo más pancho.

De manera similar, Mendeleyev "corrigió" los pesos del uranio, el titanio, el platino, el oro, el cobalto, el níquel y el potasio.

Yodo y telurio: los "errores" pertinaces

Mendeleyev también postuló que los pesos atómicos del yodo y del telurio debían estar mal. Según los cálculos de la época el yodo era más liviano que el telurio y debería precederlo en la Tabla, pero sus propiedades químicas ponían claramente al telurio en la columna 6 y al yodo en la columna 7, lo cual sugería que el telurio debía ser más liviano que el yodo y no viceversa. A pesar de eso, la historia no le dio la razón a Mendeleyev en este caso. El yodo es definitivamente más liviano que el telurio. Pero esto quiere decir que no siempre en la Tabla Periódica los elementos van en estricto orden creciente de pesos atómicos. A veces hay que invertir un par para que la Tabla conserve su estructura. Mucho más tarde fue posible establecer que el orden en la Tabla no responde al peso atómico sino a otra cantidad (el número atómico, o cantidad de protones, medido por primera vez por el inglés Henry Moseley). Si se tiene en cuenta el *número* ató-

mico en vez del peso atómico, el orden de la Tabla resulta perfecto. Yodo y telurio no son los únicos elementos que aparecen “desordenados”; hay otros “pares invertidos”. Están constituidos por las duplas níquel-cobalto y argón-potasio.

Existen versiones de que Mendeleev astutamente invirtió el orden de estos elementos y, por lo tanto, “desordenó” la Tabla, priorizando consistencia interna sobre orden estricto de pesos atómicos. Esto no es cierto. Mendeleev basó sus “inversiones” en proponer que los pesos atómicos de esos elementos estaban mal determinados. La idea de una inversión le resultaba difícil de digerir, aun con Alka-Seltzer.

Predicciones

El otro problema que tenía la Tabla en sus etapas tempranas era que, si uno se fijaba en las propiedades químicas para establecer las columnas, entonces quedaban obvios huecos sin rellenar. Por ejemplo, el elemento inmediatamente más pesado que el zinc era entonces el arsénico, el cual, de acuerdo con sus propiedades, debía estar debajo del fósforo, y no del aluminio ni del silicio. Esto dejaba dos agujeros en la Tabla.

En vez de intimidarse por esta dificultad, Mendeleev la dio vuelta como un panqueque y convirtió astutamente problema en oportunidad. Dijo: “Acá lo que pasa es que hay dos elementos que *todavía no se descubrie-*

ron”. Y no satisfecho con esto, pasó a predecir con precisión fantasmagórica las propiedades que estos elementos debían tener. Para empezar, el elemento justo debajo del aluminio debía tener una valencia de 3, porque pertenece a la columna con valencia 3. Además, debía tener un peso atómico algo mayor que el del zinc. Para calcular exactamente el peso atómico del elemento faltante, Mendeleev procedió a calcular el promedio de los pesos atómicos de los elementos a la izquierda y derecha y arriba y abajo del elemento incógnita. Esta técnica la usó no sólo para interpolar el valor del peso atómico sino el de muchas otras propiedades, como la densidad. Para demostrar que esta técnica servía, Mendeleev la probó primero para calcular el peso atómico de un elemento conocido; eligió para esto el selenio. El lector puede confirmar que el promedio de los cuatro elementos rodeando al selenio (azufre, arsénico, bromo y telurio), en efecto, “da” el peso atómico del selenio. Sorprendentemente, sin embargo, los números que Mendeleev ofreció como predicciones no siempre eran los que se obtienen con esta técnica; los números de Mendeleev son mejores, pero nadie sabe aún cómo demonios se las arregló para calcularlos. Algo de brujo tenía.

El misterioso pensador hizo, primero, tres predicciones de suma precisión en 1871, incluyendo pesos atómicos, densidades del estado elemental, fórmula de los óxidos e hidróxidos, algunas propiedades de sus sales y punto de fusión aproximado. En 1875, un químico francés aisló un elemento al que llamó galio y caracterizó sus

propiedades. La comunidad científica toda advirtió con estupor que estas propiedades coincidían en casi todos sus detalles con uno de los elementos predichos por Mendeleyev. En 1879, un químico sueco identificó el escandio, otra de las profecías del brujo eslavo. La tercera profecía se cumplió en 1886: el elemento fue encontrado por un alemán y bautizado germanio.

Un éxito de ese calibre, con predicciones tan precisas y detalladas, ejerce una atracción irresistible para los científicos. Mendeleyev adquirió bastante fama con su logro. Envalentonado, se lanzó a hacer más predicciones, esta vez con menos tino, o quizá simplemente con menos suerte. Predijo los elementos "x" e "y" de pesos atómicos menores que el hidrógeno.³⁹ Estos elementos jamás fueron aislados y el desarrollo de la teoría atómica moderna, de acuerdo con el estudio de la estructura interna del átomo, nos advierte que la búsqueda es vana: jamás serán encontrados. Mendeleyev predijo otros cinco elementos que nunca fueron aislados. Aunque también predijo la existencia de otros cinco con mejores resultados (tecnecio, rhenio, polonio, francio y protactinio).

A pesar de que el número de "pifíes" es significativo, la comunidad científica ha reconocido que la capacidad de formular predicciones exitosas de alta precisión habla de la enorme credibilidad de la Tabla. Hay algo con

³⁹ Mendeleyev sostenía que el primero de esos elementos era el "éter lumínico", al que bautizó newtonio.

esa Tabla, algo que habla de la estructura profunda del Universo.

Hemos dicho que una teoría científica debe poder acomodar los datos disponibles en el momento de ser formulada. Debe poder, también, formular predicciones que puedan ser puestas a prueba. Si bien la Tabla no es en sí una "teoría", es una construcción científica abstracta que comparte atributos con las teorías clásicas. Estos dos son claramente algunos de esos atributos, ya que la Tabla acomodó elegantemente en su estructura una enorme cantidad de elementos y luego permitió la predicción de otros nuevos. Otro de los atributos de una teoría, que mencionamos en capítulos anteriores, es la capacidad de acomodar datos obtenidos después de que la teoría fue formulada. Aquí es donde la Tabla no sólo vuelve a parecerse a una teoría, sino que es además donde tuvo su mayor momento de gloria.

Todo comenzó...

Los gases nobles

... cuando John Strutt, mejor conocido como lord Rayleigh, decidió realizar mediciones de la densidad del nitrógeno, principal componente de la atmósfera.

Para llevar esto a cabo, Rayleigh obtuvo muestras de nitrógeno por diversos métodos. Encontró que su densidad dependía del modo de obtención del gas. Uno de los métodos consistía en tomar una muestra de aire y des-

pojarla de oxígeno mediante reacciones químicas. Otro consistía en realizar una reacción química que liberase nitrógeno. El nitrógeno obtenido químicamente es consistentemente menos denso que el nitrógeno de la atmósfera.⁴⁰ Rayleigh no desestimó esta anomalía. Como buen científico, tuvo la sagacidad de preguntarse: ¿pero por qué? Para contestar esta pregunta, recurrió a la ayuda de colegas químicos. Un tal William Ramsay respondió el pedido.

Se les ocurrió entonces a Ramsay y Rayleigh que quizá la muestra atmosférica contuviera otro gas, hasta el momento desconocido, de mayor densidad que el nitrógeno mismo. Acumularon evidencia de que así era. Inmediatamente, tropezaron con nuevos problemas. Al querer caracterizar las propiedades químicas del nuevo elemento, encontraron que no tenía ninguna! El nuevo gas no reaccionaba con nada. Lo bautizaron con el nombre de "argón" (palabra que viene del griego y significa inactivo o perezoso). Con la ayuda de estudios físicos lograron establecer que la molécula de argón contenía un solo átomo o, dicho de otra manera, que constaba de átomos sueltos. No sólo este elemento no se combina-

⁴⁰ La diferencia entre densidades obtenida por Rayleigh era del orden del 0,4%. Comparándola con los datos de Gay-Lussac y Dalton de capítulos anteriores, podemos adivinar que Rayleigh trabajó con un grado muchísimo mayor de precisión para poder advertir significativamente diferencias tan pequeñas. Los científicos nunca trabajan con "números perfectos" sino con niveles distintos de precisión.

ba con otros... ¡tampoco se combinaba consigo mismo! Su peso atómico parecía ser de alrededor de 40. Publicaron sus resultados en 1895.

Todo esto fue recibido con enorme escepticismo por la comunidad científica. ¿Qué es esto de un gas totalmente inerte? ¿Cómo saben que está puro y no es una mezcla de diferentes gases? ¿Cómo saben que es un elemento y no un compuesto terriblemente difícil de descomponer?⁴¹ Y todavía peor: ¿dónde demonios encaja este elemento inerte en la Tabla Periódica? Mendeleyev no quería saber nada de nada con el argón.

Ramsay no se dio por vencido. Siguió buscando otros gases similares. Y pronto los encontró. Los bautizó helio, criptón, neón y xenón. Todos eran inertes químicamente. Todos parecían estar constituidos por átomos libres (moléculas monoatómicas). Ninguno parecía encontrar su lugar en la Tabla.

Finalmente, Ramsay tuvo su idea brillante. En 1900 se comunicó con Mendeleyev para sugerirle que todos esos elementos nuevos podían acomodarse perfectamente como una nueva columna entre los gases halógenos y los metales alcalinos. No sólo había lugar y los pesos atómicos coincidían perfectamente, sino que su inclusión le daba a la Tabla una completud absoluta en el patrón de subidas y bajadas del número de valencia. Empezando por la izquierda, tenemos valencia de 1, 2, 3, 4, y luego un descenso de 3, 2, 1. ¡Ahora la nueva co-

⁴¹ Muchos propusieron que se trataba de N_2 .

lumna agregaba la valencia cero! Una valencia cero obviamente corresponde a elementos que carecen totalmente de capacidad de combinación.⁴²

Los gases nobles fueron un horrible dolor de cabeza para Mendeleev y su Tabla por varios años, pero la acomodación de Ramsay en una nueva columna no sólo resolvió el problema sino que produjo uno de los respaldos más sólidos y formidables a la increíble estructura levantada por Mendeleev. Rayleigh ganó el Premio Nobel de Física por su descubrimiento del argón y Ramsay el Nobel de Química por los demás gases nobles y su lugar en la Tabla.

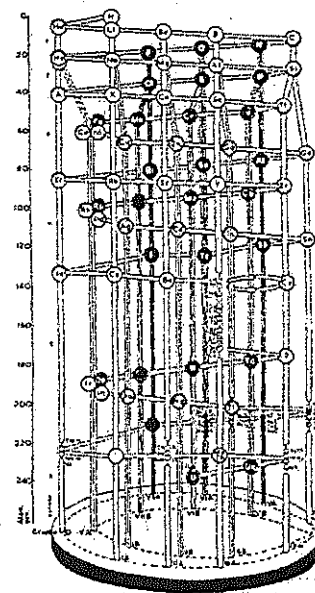
Evoluciones de la Tabla

Uno tiende a pensar en la Tabla Periódica como la ve ahora y como se la ve en la figura que incluimos al inicio de este capítulo. Pero la Tabla no es una cosa de la realidad, como el aire y el agua, sino una forma de ordenar los elementos. La Tabla sufrió importantes

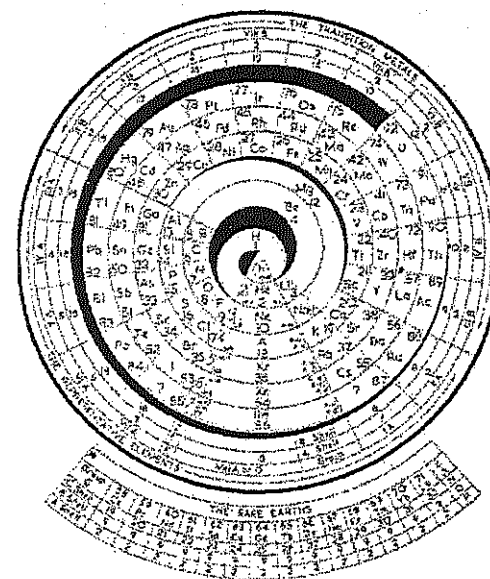
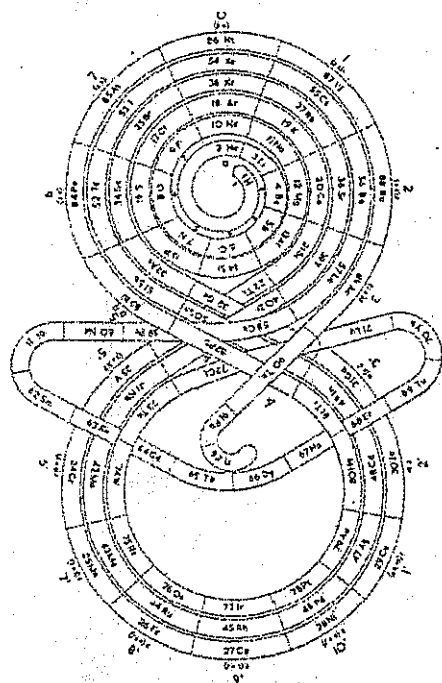
⁴² Esto no es estrictamente cierto. Existen algunos compuestos de gases nobles. Por ejemplo, el tetrafluoruro de xenón es un sólido cristalino que puede prepararse fácilmente a partir de sus elementos. Pero estos compuestos son más la excepción que la regla. Para más detalles puede consultarse el artículo "The Chemistry of Noble Gases - A modern Case History in Experimental Science" de H. Hein y G. E. Hein (1966), *Journal of the History of Ideas*, 27 (3), pp. 417-428.

cambios en el tiempo, y hasta admite muy diferentes formas de ser representada. Ni siquiera existe una "Tabla definitiva" porque los científicos y educadores siguen proponiendo nuevas maneras de ordenar y presentar las cosas.

Algunas de estas representaciones son verdaderamente ingeniosas: en espiral, en ocho, en tres dimensiones, en forma de cohete. Algunas incluso forman gru-



pos de elementos que no son los tradicionales. Contemplar las tablas alternativas que se incluyen en estas páginas nos recuerda hasta qué punto eso que hemos aprendido a aceptar como un emblema de la ciencia química es sólo una forma de presentar un complejo conjunto de fenómenos.



Nuevos rumbos

Además de acomodar y predecir, dijimos que una teoría apunta a nuevas direcciones, da a los científicos la flecha de nuevos rumbos. La Tabla Periódica, nuevamente, en esto se parece mucho a una teoría. La pregunta clave, y sencilla, es: ¿por qué tiene la Tabla la estructura que tiene? ¿Qué hay en los átomos que hacen que a medida que aumenta el peso atómico, la valencia suba y baje? ¿Qué característica de los átomos hace que las propiedades se repitan de manera cíclica?

Para contestar esas preguntas, la ciencia habría de adentrarse en la estructura misma del átomo, una odisea increíble y fascinante, pero más allá de las fronteras de este libro.

Noveno interludio

Un brindis por la taxonomía

Entre algunos científicos, tales como físicos, químicos e incluso biólogos moleculares, no es raro escuchar palabras de menosprecio para con la taxonomía, la ciencia de clasificar, a la que se refieren como un mero "coleccionar de estampillas". Pero la taxonomía es algo más complejo, más profundo y más útil que el mero coleccionar.

El clasificar implica imponer un orden a un universo de entidades. Muchos sistemas clasificatorios persiguen un fin meramente práctico: nadie duda de la utilidad del orden en un sistema alfabético de archivos. Muchas clasificaciones de plantas, minerales y sustancias químicas perseguían este propósito, y ordenaban los entes de acuerdo con su uso: en medicina, en textilera, en alimentos, etcétera.

Otros sistemas de clasificación, llamados "naturales", buscan determinar un orden que refleje de alguna manera características intrínsecas de los objetos a clasificar. Este tipo de clasificación es, entonces, una representación de un orden que existe en la naturaleza y es externo a las decisiones arbitrarias de nuestra conveniencia.