

Quinta edición

Nomenclatura de las sustancias químicas

W. R. Peterson

EDITORIAL REVERTÉ

Nomenclatura de las sustancias químicas

Quinta edición

Nomenclatura de las sustancias químicas

Quinta edición

Sustancias inorgánicas: de acuerdo con la práctica actual del semanario *Chemical Abstracts* (CA) y según las Recomendaciones de 2005 (Libro Rojo) de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

Sustancias orgánicas: de acuerdo con la práctica vigente del CA y según las Recomendaciones 2013 (Libro Azul, *Nomenclature of Organic Chemistry, IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013*).

W. R. Peterson



EDITORIAL
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

Nomenclatura de las sustancias químicas, 5ª edición
Copyright © Dr. W. R. Peterson

Esta edición
Copyright © Editorial Reverté, S. A., 2020

Edición en papel:
ISBN: 978-84-291-7609-4

Edición en ebook:
ISBN: 978-84-291-9562-0 (PDF)

Propiedad de:
EDITORIAL REVERTÉ, S. A.
Loreto 13-15
08029 Barcelona
Tel: (34) 93 419 33 36
reverte@reverte.com
www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, queda rigurosamente prohibida sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

Impreso en España - *Printed in Spain*
Depósito legal: B. 8507-2020
Impreso en Liberdúplex

1503

PRÓLOGO (5ª edición)

Se ha revisado el texto. Se han actualizado los nombres de los últimos elementos de la TP, la parte de Sustancias Inorgánicas y los Índices de Sustancias.

PRÓLOGO (4ª edición)

Se ha adaptado el contenido de la 2ª parte a las Recomendaciones de la IUPAC de 2013 y se han corregido erratas, algunas detectadas por profesores y estudiantes, entre los que debemos destacar a Laura Maíllo. En www.reverte.com se encontrarán más ejercicios asociados a esta 4ª edición, en forma de "exámenes combinados".

PRÓLOGO (3ª edición)

El libro ha pasado a denominarse "Nomenclatura de las sustancias químicas" porque ahora existe una versión simplificada ("Fundamentos de nomenclatura química", de 223 págs.) con el mismo número de capítulos y la misma ordenación. Se han reordenado varios apartados de los cap. 18-20 y se han corregido las erratas detectadas.

PRÓLOGO (2ª edición)

En esta 2ª edición se han introducido dos ejercicios nuevos (5.19 y 9.7), se han añadido algunos párrafos y notas con el fin de seguir aumentando la claridad pedagógica del texto, se han cambiado unas pocas fórmulas (buscando todavía una mayor variedad de ejemplos) y se han corregido las erratas advertidas.

Del PRÓLOGO a la 1ª edición

Este libro es una revisión y actualización de la suma de dos pequeños textos editados por primera vez hace cuatro décadas por la extinta editorial Edunsa. El nivel, el número de páginas y la cantidad de ejercicios han aumentado. El presente libro tiene dos niveles y dos públicos:

— Los estudiantes de bachillerato y ciclos formativos deben fijarse en el texto en letra grande (Times NR 12) y prestar la máxima atención a las Tablas y los ejercicios resaltados mediante tramas. Deben prescindir de todo el texto en letra pequeña (Times NR 9).

— Por otro lado, es adecuado para universitarias/os de primeros cursos de Ciencias Experimentales, Ciencias de la Vida e Ingenierías, si prescinden de lo que es más sencillo, es decir, de los capítulos de introducción (cap. 1 y 12) y de los ejercicios resueltos, se leen todo el resto y se esfuerzan en resolver todos los Exámenes.

En resumen, éste es un libro pensado para estudiantes entre 16 y 20 años. **Los más jóvenes deberían leer solo lo escrito en letra normal y, en especial, lo destacado con recuadros o letra negrita. Los más expertos pueden "saltarse" introducciones y recuadros, pero deben fijarse en la letra pequeña;** si cursan más asignaturas de química, ya irán complementando este texto con más elementos y sus combinaciones, con compuestos de coordinación adicionales, con otros tipos de sustancias orgánicas y con compuestos organometálicos.

Es humanamente imposible que en un libro con miles de fórmulas no haya un número erróneo o un dibujo incorrecto. El lector que detecte alguna errata y la indique a promocion@reverte.com será recompensado.

ÍNDICE

SUSTANCIAS INORGÁNICAS

1 INTRODUCCIÓN		
ELEMENTOS	pág. 2	
CAPACIDAD DE COMBINACIÓN O VALENCIA	5	
NUMERO DE OXIDACIÓN	7	
	TABLA PERIÓDICA simplif.	10
	NÚMEROS DE OXIDACIÓN	11
RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES	12	
EJERCICIOS	13	
2 SUSTANCIAS ELEMENTALES		
TIPOS DE SUSTANCIAS ELEMENTALES	15	
EJERCICIOS	18	
3 COMBINACIONES BINARIAS DEL HIDRÓGENO		
HIDRUROS METÁLICOS	23	
	EJERCICIO RESUELTO	24
OTROS HIDRUROS	25	
Apéndice. Estructuras en cadena	26	
AGUA (Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO)	28	
HIDRÁCIDOS	29	
Apéndice. Otros hidrácidos	30	
	EJERCICIO RESUELTO	30
EJERCICIOS	31	
4 ÓXIDOS		
ÓXIDOS DE LOS GRUPOS 1 y 2	36	
	EJERCICIO RESUELTO	36
OTROS ÓXIDOS	37	
	EJERCICIO RESUELTO	39
EJERCICIOS	40	
Apéndice especial. Otras combinaciones binarias	43	
5 OXOÁCIDOS. ÁCIDOS INORGÁNICOS		
NOMENCLATURA DE OXOÁCIDOS	46	
	EJERCICIO RESUELTO	46
OXOÁCIDOS DEL GRUPO 17	48	
	EJERCICIO RESUELTO	49
	EJERCICIO RESUELTO	50

SUSTANCIAS ORGÁNICAS

12 INTRODUCCIÓN	
LOS COMPUESTOS DEL CARBONO	130
EJERCICIO RESUELTO	131
LA VALENCIA DEL CARBONO	133
EL CARBONO TETRAÉDRICO	134
ESTADO DE OXIDACIÓN	137
FÓRMULAS SIMPLIFICADAS	138
Apéndice. Fórmulas supersimplificadas	138
RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES	139
EJERCICIOS	141
13 ALCANOS	
ALCANOS DE CADENA LINEAL	145
ALCANOS RAMIFICADOS	146
EJERCICIO RESUELTO	149
EJERCICIO RESUELTO	153
Apéndice. Estereoisomería. Configuración <i>R/S</i>	155
ALCANOS CÍCLICOS O CICLOALCANOS	158
Apéndice. Estereoisomería <i>cis/trans</i> en los cicloalcanos	159
EJERCICIOS	160
14 ALQUENOS Y ALQUINOS	
ALQUENOS	165
POLIENOS	167
EJERCICIO RESUELTO	167
Apéndice. Estereoisomería <i>Z/E</i>	168
Apéndice. Estereoisomería <i>Z/E</i> en polienos	169
CICLOALQUENOS	170
ALQUINOS	170
POLIINOS	171
DOBLES Y TRIPLES ENLACES	172
INSATURACIONES EN CADENAS LATERALES	173
EJERCICIOS	173
15 HIDROCARBUROS AROMÁTICOS	
DERIVADOS DEL BENCENO	179
EJERCICIO RESUELTO	180
NOMBRES COMUNES DE ALGUNOS ARENOS	181
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS CONDENSADOS	182
GRUPOS ARILO	182
EJERCICIOS	184
16 HIDROCARBUROS HALOGENADOS	
EJEMPLOS	187
RECAPITULACIÓN	189
EJERCICIOS	190

Sustancias inorgánicas

1 Introducción

Todo lo que nos rodea en este mundo es una mezcla compleja de sustancias, que desde tiempo inmemorial el ser humano se ha preocupado de aislar o purificar por mera curiosidad o para obtener algún provecho. Gracias a ello, conocemos en la actualidad muchos de los componentes de los distintos "materiales" que existen en la Tierra. Así, por ejemplo, en

el mundo animal	agua, carbohidratos, proteínas, grasas, nucleótidos, sales minerales...
el mundo vegetal	agua, celulosa, otros carbohidratos, lignanos, terpenos, alcaloides, sales...
el mundo mineral	silicatos, fosfatos y carbonatos de calcio, aluminio, hierro...
el mar	agua, cloruro de sodio, otras sales...
el aire	nitrógeno, oxígeno, argón, vapor de agua, dióxido de carbono...

Si se separan los componentes de tales mezclas mediante las técnicas más apropiadas en cada caso —precipitación, cristalización, extracción, destilación fraccionada, métodos cromatográficos...—, se llegan a obtener **sustancias puras** (en adelante **sustancias puras**, que es la expresión más común). Se llaman así porque sus moléculas o, en general, sus unidades estructurales son idénticas: no tienen "impurezas", no contienen otras moléculas distintas en una proporción detectable o apreciable.

Una molécula es una agrupación de átomos, unidos o enlazados entre sí, con entidad propia

Hay sustancias puras cuyas moléculas están constituidas por un solo tipo de átomos, pero la mayoría son una combinación más o menos complicada de átomos diferentes. Podemos clasificar, pues, las sustancias o sustancias puras en dos tipos:

*Sustancias elementales =
moléculas formadas por
átomos idénticos*

Sustancias elementales

*Sustancias compuestas =
moléculas formadas por
átomos distintos*

Sustancias compuestas o compuestos químicos

En realidad, lo que diferencia unas de otras es que las moléculas o unidades estructurales de una sustancia elemental o simple están constituidas por un solo tipo de átomos (contienen un único elemento), mientras que las de una sustancia compuesta o compuesto están constituidas por átomos distintos (es decir, están formadas por diversos elementos).

ELEMENTOS

El número total de elementos que se conocen en la actualidad, considerando los encontrados en la naturaleza y los obtenidos en laboratorios nucleares, es casi 120. Estos elementos han dado o dan lugar, al combinarse entre sí, a millones de sustancias diferentes que constituyen toda la materia del universo.

En el listado que sigue se indican los nombres y símbolos de los 50 elementos más comunes, junto con unas notas muy resumidas sobre su origen etimológico. Muchos de estos nombres, de la época de los alquimistas, provienen del latín, salvo cuando se indica otra procedencia, y sugerían alguna característica del elemento, del mineral del que se había obtenido o del lugar donde se encontró. También hay nombres que, como sucede a menudo en bastantes hallazgos y descubrimientos, son producto de las apreciaciones correctas o incorrectas de los científicos que las realizaron en aquel momento y han perdurado.

v. Handbook of Chemistry & Physics, *CRC Press*, o The Origins of Chemical Names, *W. E. Flood, Oldbourne*, o www.webelements.com, o Enciclopedia of the Elements, *P. Enghag, Wiley-VCH*

1	Hidrógeno	H	<i>hydro+genum</i> , engendrador de agua
2	Helio	He	de la atmósfera del sol (<i>helios</i>)
3	Litio	Li	<i>lithos</i> (roca)
4	Berilio	Be	berilo, esmeralda de color verde
5	Boro	B	del árabe <i>buraq</i> o <i>bauraq</i> (bórax)
6	Carbono	C	elemento predominante en el carbón
7	Nitrógeno	N	genera nitratos (<i>nitrum</i>); gr. <i>a-zoe</i> , ázoe, fr. <i>azote</i>
8	Oxígeno	O	forma o genera ácidos (<i>oxys</i>)
9	Flúor	F	<i>fluere</i> (fluir)
10	Neón	Ne	nuevo (del griego <i>neos</i>)
11	Sodio	Na	soda (de <i>sodanum</i>); <i>natrium</i> (del árabe <i>natrūn</i>)
12	Magnesio	Mg	Magnesia, comarca de Tesalia (Grecia)
13	Aluminio	Al	de <i>alumen</i> (sulfato de aluminio y potasio)

14	Silicio	Si	<i>silex</i> , sílice, guijarro, pedernal
15	Fósforo	P	<i>phosphoros</i> , portador de luz
16	Azufre	S	<i>sulfur</i> , de <i>sulphurium</i>
17	Cloro	Cl	del griego <i>chloros</i> (amarillo verdoso)
18	Argón	Ar	<i>argos</i> , inactivo
19	Potasio	K	ingl. <i>pot-ashes</i> (cenizas); <i>kalium</i> (ár. <i>al qaliy</i>)
20	Calcio	Ca	<i>calx</i> , caliza
21	Escandio	Sc	<i>Scandia</i> , Escandinavia
22	Titanio	Ti	de los Titanes (primeros hijos de la Tierra)
23	Vanadio	V	<i>Vanadis</i> , diosa escandinava
24	Cromo	Cr	del griego <i>chroma</i> , color
25	Manganeso	Mn	<i>magnes</i> , magnético; no confundir con Mg
26	Hierro	Fe	<i>ferrum</i>
27	Cobalto	Co	<i>cobalos</i> , mina
28	Níquel	Ni	del alemán <i>Nickel</i> , Satanás
29	Cobre	Cu	<i>Cuprum</i> , nombre latino de Chipre
30	Zinc o cinc*	Zn	del alemán <i>Zink</i> , origen oscuro
33	Arsénico	As	<i>arsenikon</i> , varonil
34	Selenio	Se	<i>Selene</i> , la luna
35	Bromo	Br	del griego <i>bromos</i> , hedor, peste
36	Kriptón**	Kr	del griego <i>kryptos</i> , oculto, secreto
37	Rubidio	Rb	<i>rubidus</i> , rojo muy intenso (a la llama)
38	Estroncio	Sr	<i>Strontian</i> , ciudad de Escocia
46	Paladio	Pd	Pallas, diosa de la sabiduría
47	Plata	Ag	<i>plattus</i> , plano; <i>argentum</i> (gr. <i>argyros</i>)
48	Cadmio	Cd	<i>cadmia</i> (antiguamente carbonato de zinc)
50	Estaño	Sn	<i>stannum</i> , alteración de <i>stagnum</i>
51	Antimonio	Sb	<i>anti monos</i> (nunca solo); gr. <i>stibi</i> , polvo negro
52	Telurio	Te	<i>tellus</i> , tierra
53	Yodo	I	del griego <i>iodes</i> , violeta
54	Xenón	Xe	del griego <i>xenon</i> , extraño, raro
55	Cesio	Cs	<i>caesius</i> , color azul celeste
56	Bario	Ba	del griego <i>barys</i> , pesado
78	Platino	Pt	de platina (por su parecido a la plata)
79	Oro	Au	<i>aurum</i> , aurora resplandeciente
80	Mercurio	Hg	planeta Mercurio; <i>hydrargyros</i> , plata líquida
82	Plomo	Pb	de <i>plumbum</i>

* El Diccionario de la Lengua Española (DLE) de la Real Academia Española da preferencia a cinc pero acepta zinc (digamos que a regañadientes, porque una z delante de una vocal débil solo puede sonar como c). Sin embargo, muchos químicos prefieren zinc, por su conexión etimológica y “simbólica”.

** O criptón, que es la adaptación al español de este morfema. Criptón es el único término incluido en el DLE. A propósito, Supermán, que según el famoso “cómic” provenía de Kriptón o Cripton, era sensible a un material sorprendente, de fórmula todavía desconocida, llamado “kryptonita/kriptonita/-criptonita” (v. <https://es.wikipedia.org/wiki/Kryptonita>). En un artículo de *Nature* bautizaron en 2002 a un gen de una metil-transferasa con este nombre. En la actualidad (marzo de 2020) hay 34 artículos “serios” en el CA (SciFinder”) en donde aparece *Kryptonite*.

De los casi 120 elementos actuales de la Tabla Periódica, en este libro de introducción a la nomenclatura sólo trataremos con los 50 del listado anterior. Son los que aparecen en la Tabla Periódica simplificada en la primera hoja del libro y en la pág. 10. Casi no se hablará de los llamados gases nobles (He, Ne, etc., v. columna 18) porque, al ser bastante inertes, el número de compuestos sintetizados que contienen dichos elementos es pequeño. Así pues, a partir del capítulo 3 **el número real de elementos que aparecerán en los ejercicios será 45.**

La selección realizada es discutible porque se han descartado algunos elementos abundantes o de gran importancia tecnológica, pero confiamos en que profesores y estudiantes comprenderán la intencionalidad pedagógica de esta simplificación. Es previsible además que cada alumno vaya ampliando la Tabla a medida que entre en contacto con nuevos elementos (y con compuestos en los que los elementos presentan a veces estados de oxidación distintos de los que se indican en dicha Tabla). Por supuesto, los estudiantes suelen tener a mano, sea a través de su libro de química o de su ordenador, una Tabla Periódica completa. En notas a pie de página o en letra pequeña, aparecerán un par de veces algunos de los otros elementos.* Pero en el texto principal sólo se hablará de 45–50 y en los ejercicios se utilizarán los 45 mencionados, con sus estados de oxidación más usuales.

A través de buscadores como Google, Yahoo, etc., es inmediato encontrar Tablas Periódicas con información exhaustiva y bastante actualizada (por ejemplo, v. www.webelements.com).

* En el listado de la pág. anterior y en la Tabla de la contraportada hay diversos huecos, empezando por los elementos de número atómico 31 (Ga) y 32 (Ge), relativamente poco comunes, y continuando por diversos metales de transición a partir del elemento 39. No se considerarán tampoco los siguientes elementos transuránicos/transféricos descubiertos (hasta el 118), ni los dos últimos, hipotéticos por ahora, a los que se da un nombre sistemático:

RECORDATORIO: El texto en letra pequeña —notas a pie de página, párrafos intercalados, apéndices...— no es para principiantes, como se ha indicado en el prólogo.	104	Rutherfordio	Rf	
	105	Dubnio	Db	
	106	Seaborgio	Sg	
	107	Bohrio	Bh	
	108	Hassio	Hs	
	109	Meitnerio	Mt	
	110	Darmstadtio	Ds	
	111	Roentgenio	Rg	
	112	Copernicio	Cn	
	113	Nihonio	Nh	nombre y símb. aceptados en 2016
	114	Flerovio	Fl	nombre y símb. aceptados en 2012
	115	Moscovio	Mc	nombre y símb. aceptados en 2016
	116	Livermorio	Lv	nombre y símb. aceptados en 2012
	117	Tenneso	Ts	nombre y símb. aceptados en 2016
	118	Oganessón	Og	nombre y símb. aceptados en 2016
	119	Ununenio	Uue	Un-un-en- <i>ium</i> significa elemento 1-1-9
	120	Unbinilio	Ubn	Un-bi-nil- <i>ium</i> significa elemento 1-2-0

Hay que destacar que los detalles etimológicos no son solo una curiosidad cultural o una forma nemotécnica de relacionar símbolos y elementos. En bastantes casos, para nombrar derivados se usa, por tradición o eufonía, la raíz de los nombres latinos o griegos de los elementos en lugar de su nombre inglés, alemán, español o francés actual. Así:

- Algunos compuestos de nitrógeno se nombran mediante el prefijo **aza** o **az** (del gr. *a-zoe*, sin vida) en lugar de “nitr”.
- Muchas sales que contienen azufre se denominan **sulfatos** (*sulphates* en *British English*, *sulfates* en *USA English* y en francés), pero no “azufratos” (ni “*sulphurates*”, ni “*sulfurates*”, ni “*soufrates*”).
- En ciertos complejos de hierro, se usa el vocablo *ferrate* en inglés y **ferrato** en español, pero no “*ironate*” o “hierrato”.
- Veremos que hay complejos de cobre que se denominan **cupratos**, pero no “cobratos”.
- En determinados compuestos de oro, se utiliza la expresión *aurate* o **aurato**, pero nunca “*goldate*” ni “orato”.
- Se suele escribir **estannatos** más que estañatos. Sin embargo, las dos acepciones son válidas: estannato, como estannífero (DLE), recuerda el origen latino, culto, de la palabra, mientras estañado (nn en latín = ñ en español) es una derivación castiza y actual, como el verbo estañar y el adj. estañado.
- Por tradición, se verá que en algunos compuestos de Sb se utiliza la raíz **antimon** y en otros **estib**.

CAPACIDAD DE COMBINACIÓN O VALENCIA

Al combinarse, real o formalmente, átomos distintos entre sí para dar una molécula de un compuesto concreto, definido, lo hacen siempre en una misma proporción. Por ejemplo, se sabe experimentalmente que:

- **Hidrógeno** y **cloro** reaccionan átomo a átomo dando la molécula HCl (se forma un enlace H–Cl).
- **Hidrógeno** y **oxígeno** se combinan en la relación atómica 2:1 dando agua. Se dice que 2 átomos de H reaccionan con 1 de O dando 1 molécula de H₂O (H–O–H, con formación de dos enlaces O–H). Como todo estudiante ya sabe, las proporciones se indican mediante subíndices, pero nunca se apunta el subíndice 1 (no se escribe H₂O₁ sino H₂O).

- **Hidrógeno y nitrógeno** se combinan en la proporción atómica de 3 a 1 cuando se forma amoníaco, así que 3 átomos de H reaccionan con 1 de N dando una molécula de NH_3 (formándose 3 enlaces N–H).

Si definimos **la capacidad de combinación o valencia de un elemento** como el número de H que se combinan con él, vemos que en los compuestos anteriores:

- El cloro tiene una valencia igual a 1.
- El oxígeno tiene una valencia igual a 2.
- El nitrógeno tiene una valencia igual a 3.

Siguiendo un criterio paralelo, se puede verificar la capacidad de combinación de cualquier elemento respecto al oxígeno, cuya valencia “se acaba de deducir” que es 2 (aunque el lector sabe eso desde hace mucho tiempo). Por ejemplo, las siguientes combinaciones binarias nos indican claramente la proporción atómica entre cada metal y oxígeno:

Na_2O	CaO	Al_2O_3
2:1	1:1	2:3

La valencia o capacidad de combinación de un elemento es un número que proviene de un hecho experimental (la fórmula empírica de una molécula o de la unidad estructural).

En el primer caso 2 átomos de Na están “unidos” a 1 de O; como la valencia del O es 2, la del Na debe ser 1 (2 Na “equivalen a” 1 O). En el segundo caso hay tantos átomos de Ca como de O; la valencia del Ca debe ser igual a la del O. En el tercer caso, hay 2 átomos de Al por cada 3 de O. En resumen:

- La valencia del sodio es 1.
- La valencia del calcio es 2.
- La valencia del aluminio es 3.

En realidad, se puede determinar la valencia de cualquier elemento poco conocido respecto a cualquier elemento de valencia establecida, siempre que reaccionen entre sí y pueda analizarse o confirmarse experimentalmente en qué relación atómica lo han hecho.

Se verá pronto que hay elementos que no dan un solo derivado oxigenado (un solo óxido), sino dos o más de composición definida, dependiendo de las cantidades relativas de ese elemento y de oxígeno que se pongan en contacto así como de las condiciones de reacción. Son **elementos que “pueden actuar con distintas valencias”**.

NÚMERO DE OXIDACIÓN

El **número, estado o grado de oxidación** de un elemento puede definirse como su **valencia con signo positivo o negativo**. Para evitar confusiones, se expresa mediante números romanos (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII).

Se da un valor positivo de número de oxidación al elemento más “**electropositivo**” —el menos electronegativo— de los dos que forman enlace, pero no se suele escribir el signo “+” delante del número romano. Por otro lado, se añade el signo “-” a la valencia del elemento más **electronegativo de los dos que forman enlace**. Es evidente que esto se refiere a entidades químicas donde los elementos directamente unidos son distintos. Si son idénticos, por más enlaces que existan entre ellos, el número de oxidación que se les asigna es cero (0), lógicamente. Así, el estado o número de oxidación de los H en H–H es cero y el estado o número de oxidación de los N en N≡N es cero.

La **electronegatividad** de un elemento se define como su **tendencia a captar electrones**. Esta característica está estrechamente relacionada con la estructura electrónica del elemento, como el lector recordará de su libro de introducción a la química. Por ejemplo, el átomo de flúor, que tiene 7 electrones en la “capa de valencia” ($2s^2 2p^5$), muestra una gran tendencia a captar un electrón transformándose en el anión fluoruro, cuya estructura electrónica coincide con la del gas noble inmediato, el neón ($2s^2 2p^6$), con 8 electrones en la “capa de valencia”.

Los elementos metálicos, en cambio, muestran muy poca tendencia a captar electrones, por lo que su electronegatividad es muy pequeña. Como es sabido, los elementos metálicos tienen tendencia a dar electrones (los más externos, los de su capa de valencia) pero no a captarlos o tomarlos.

De hecho, el **orden de electronegatividad** de los elementos es:

F > O > Cl, N > Br > I, S, C, Se > Te, P, H, As, B, Si >> metales.

Alternativamente, se suele decir que, de más electropositivo a más electronegativo, los principales elementos pueden ordenarse así:

metales << Si, B, As, H, P, Te < Se, C, S, I < Br < N, Cl < O < F.

oxidación que se considerarán en este texto (TABLA PERIÓDICA simplificada) y luego dichos datos se repiten agrupados de distinta manera para los 45 elementos elegidos. Estas Tablas resultarán imprescindibles, ya que en próximos capítulos **aplicaremos el concepto de número o estado de oxidación como una ayuda nemotécnica para escribir las fórmulas.**

Se observará en dichas Tablas que varios elementos presentan tanto números de oxidación positivos como negativos. Esto no debe extrañar, puesto que un elemento actuará con un grado de oxidación positivo o negativo según la electronegatividad del elemento con el que esté unido. Por ejemplo, se dice que el bromo, en sus combinaciones con otros elementos, se encuentra normalmente en los estados de oxidación $-I$, I , III , V o VII . Presenta el número de oxidación $-I$ cuando está combinado con elementos menos electronegativos que él, mientras que presenta los números de oxidación I , III , V o VII sólo en compuestos en donde está unido a aquellos pocos átomos que son más electronegativos que él.

También es evidente que no existe una regularidad absoluta, rígida, entre los elementos de un mismo grupo o columna, sino sólo un parentesco o algunas similitudes. Cada elemento es, en efecto, un “individuo” único, con su propia “personalidad”. Así es la realidad del mundo en que vivimos, de una gran diversidad atómica (y, por supuesto, molecular).

Finalmente, hay que comentar que la definición de número, estado o grado de oxidación es imprecisa y algo incorrecta, puesto que se asignan números romanos (se sobreentiende que números positivos) a las valencias de unos átomos y números romanos con signo negativo a las de otros, independientemente de si su diferencia de electronegatividades es grande o pequeña. Es como si todos los enlaces entre dos elementos distintos fueran muy iónicos, cuando bastantes uniones son casi covalentes. Por convenio y para simplificar, se verá además en los capítulos 3 y 4 que la ordenación de los elementos no siempre coincide con su electronegatividad conocida. A pesar de la ausencia de matices, de la simplicidad del concepto y de las arbitrariedades, es una idea muy útil para comprobar si una fórmula es correcta o razonable y para escribir la fórmula de un compuesto que desconocemos cuando su nombre no nos indica la estequiometría o proporción entre los elementos que lo constituyen.

El concepto de número de oxidación sirve de ayuda nemotécnica para comprobar si una fórmula es correcta o razonable y para escribir la fórmula empírica de los compuestos que uno desconoce.

TABLA PERIÓDICA simplificada

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H I -I																	He
Li I	Be II											B III -III	C IV -IV	N V IV III II -III	O -II	F -I	Ne
Na I	Mg II											Al III	Si IV -IV	P V III -III	S VI IV -II	Cl VII V III I -I	Ar
K I	Ca II	Sc III	Ti IV III II	V V IV III II	Cr VI III II	Mn VII IV III II	Fe III II	Co III II	Ni III II	Cu II I	Zn II			As V III -III	Se VI IV -II	Br VII V III I -I	Kr
Rb I	Sr II								Pd IV II	Ag I	Cd II		Sn IV II	Sb V III	Te VI IV -II	I VII V III I -I	Xe
Cs I	Ba II								Pt IV II	Au III I	Hg II I		Pb IV II				

NÚMEROS DE OXIDACIÓN más frecuentes

	H	I, -I *			
	Li	I			
grupo 1 (antes IA)	Na	I	grupo 13***	B	III, -III
	K	I		Al	III
	Rb	I			
	Cs	I			
	Be	II	grupo 14***	C	IV, -IV
	Mg	II		Si	IV, -IV
grupo 2 (antes IIA)	Ca	II		Sn	IV, II
	Sr	II		Pb	IV, II
	Ba	II			
grupo 3	Sc	III	grupo 15***	N	II, III, IV, V, -III
grupo 4	Ti	II, III, IV		P	III, V, -III
grupo 5	V	II, III, IV, V		As	III, V
grupo 6	Cr	II, III, VI		Sb	III, V
grupo 7	Mn	II, III, IV, VII			
grupo 8	Fe	II, III	grupo 16***	O	-II
grupo 9	Co	II, III		S	IV, VI, -II
				Se	IV, VI, -II
				Te	IV, VI, -II
grupo 10	Ni	II, III			
	Pd	II, IV**			
	Pt	II, IV	grupo 17***	F	-I
grupo 11	Cu	I, II		Cl	I, III, V, VII, -I
	Ag	I		Br	I, III, V, VII, -I
	Au	I, III		I	I, III, V, VII, -I
grupo 12	Zn	II			
	Cd	II			
	Hg	II, I			

* El hidrógeno es un caso especial (H y He forman el primer periodo, de tan solo dos elementos). No es un metal alcalino, pero se incluye frecuentemente en la columna 1.

** Los compuestos de Pd(IV) son muy poco abundantes en comparación con los de Pd(II), por lo que en esta página y en la anterior podría haberse suprimido el número de oxidación IV (lo que se deja a criterio de cada profesor/a). Sin embargo, entonces habría habido menos ejercicios con Pd o serían más reiterativos y podría dar la impresión de que el Pd, tan importante desde el punto de vista experimental, es un elemento con un número de oxidación único (II).

*** Estos grupos de denominaban antes IIIA, IVA, VA, VIA y VIIA, respectivamente, en Europa (y IIIB, IVB, VB, VIB y VIIB en Norteamérica).

RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES

Las fórmulas de las sustancias o sustancias compuestas se han deducido siempre y se siguen deduciendo a partir de datos experimentales.

Los métodos para aprender a formular son artíficios para no tener que memorizar todas las fórmulas conocidas.

Las reglas de nomenclatura son propuestas o recomendaciones para nombrar las sustancias de una manera sistemática, no arbitraria, aplicable a distintos idiomas.

Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005, N. G. Connelly et al., RSC Publ.–IUPAC.
Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005, M. A. Ciriano y P. Román Polo, Prensas Univ. de Zaragoza, 2007.

A modo de resumen final de este capítulo de introducción, conviene remarcar un hecho que a veces se olvida. La gran mayoría de sustancias compuestas o compuestos tienen unas composiciones fijas. A partir de estas “composiciones elementales” o relaciones de masa entre los elementos, obtenidas por técnicas analíticas, se ha llegado a la **fórmula empírica** de cada compuesto, es decir, a la relación numérica entre los átomos que forman cada molécula, unidad estructural o entidad química. En los compuestos formados por moléculas discretas, con ayuda de datos físicos o espectroscópicos se ha deducido luego su **fórmula molecular**, que suele coincidir con la empírica aunque a veces es un múltiplo de ella, y su **constitución** o fórmula molecular “desarrollada”, que es la que indica no sólo los átomos que forman la molécula sino la manera en que están enlazados o conectados. En la mayoría de casos, para poder dar un nombre a un compuesto inorgánico basta conocer su fórmula molecular; en los restantes, es necesario conocer su constitución.

De las fórmulas empíricas y moleculares derivan los conceptos de valencia y número de oxidación, no al revés. Así pues, cualquier método para enseñar a formular —el más utilizado en Química Inorgánica (QI) se basa en el número de oxidación— tiene unas atribuciones limitadas, puesto que es sólo una ayuda para no tener que memorizar la fórmula de cada compuesto conocido o de los que se van descubriendo. Ya que, para evitar confusiones, cada sustancia debe tener al menos un nombre inequívoco y razonable, surge la necesidad de unas recomendaciones generales y sistemáticas para nombrarlas: son las reglas de nomenclatura.

En este texto **las sustancias inorgánicas se nombran y sus fórmulas se escriben según las recomendaciones vigentes de la IUPAC** (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), publicadas en el libro que se indica en el margen (el Libro Rojo de la IUPAC), traducido bajo los auspicios de la Real Sociedad Española de Química, **y según la práctica actual del CAS (Chemical Abstracts Service)** de la *American Chemical Society*, que edita el semanario de resúmenes *Chemical Abstracts* (CA) y mantiene la base de datos *SciFinder* (CA+MedLine). La IUPAC y el CAS suelen coincidir en lo esencial, pero no siempre en los detalles.

En notas a pie de página o en ejercicios en letra pequeña, también se indican en determinados casos los nombres antiguos, no aceptados por la IUPAC ni utilizados por el CAS. Estos nombres siguen empleándose en las revistas, en la industria o en la práctica cotidiana de los laboratorios. Conviene haber oído hablar de ellos aunque sólo sea para relacionarlos con los nombres recomendados y evitar errores de comunicación.

EJERCICIOS

- 1.1** Escribir los símbolos de los diez primeros elementos de la Tabla Periódica (TP), sin consultarla en una primera instancia (intentando recordar o relacionar cuáles son los elementos de menor número atómico).
- 1.2** Dar los símbolos de los siguientes elementos:
 Bario, berilio, boro y bromo.
 Cadmio, calcio, cesio, cloro, cobalto, cobre y cromo.
 Magnesio, manganeso y mercurio.
 Plata, platino, potasio y plomo.
- 1.3** En la serie siguiente (símbolos de metales alcalinos), hay un error. ¿Cuál es?
 Li, Na, K, Ru, Cs
- 1.4** Escribir el nombre y los símbolos de los elementos del grupo 2.
- 1.5** ¿Cuáles son los símbolos de los elementos del grupo 17?
- 1.6** Indicar los símbolos de los elementos del grupo 11 y del 12.
- 1.7** ¿A qué grupo o columna pertenecen Ne, Ar, Kr y Xe?
- 1.8** ¿Hay errores o incoherencias dentro de cada columna? ¿Cuáles?
- | | | |
|----|----|----|
| N | O | Co |
| P | S | Ni |
| Ar | Se | Pd |
| Sb | Te | Pt |
- 1.9** Corregir los errores que pueda haber en los símbolos:
- | | | |
|--------------|-----------------|-------------------|
| Yodo = Yo, | sodio = Na, | fósforo = Ph o F, |
| azufre = Az, | escandio = Es, | arsénico = As, |
| cesio = Ce, | estroncio = St, | hierro = Hi, |
| litio = Li, | paladio = Pa | y cobre = Co. |

- 1.10** Escribir los nombres de los elementos correspondientes:
- | | | |
|----|----|----|
| Se | Sn | Sb |
| Sc | S | Si |
| Te | Ar | Ba |
| Ti | Ag | Be |
- 1.11**Cuál es la valencia y el número de oxidación de los elementos implicados en los siguientes compuestos?
- | | | | | |
|-----|------------------|-----|--------------------------------|-------------------|
| HBr | H ₂ S | NaH | PH ₃ | SnH ₄ |
| CaO | SO ₂ | CoO | Co ₂ O ₃ | Cu ₂ O |
- 1.12** ¿Cuál es el estado de oxidación de los metales que forman parte de los compuestos que siguen?
- | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|-----|------------------|
| MgCl ₂ | BaF ₂ | ScI ₃ | PbS | SnS ₂ |
|-------------------|------------------|------------------|-----|------------------|
- 1.13** Indicar el número de oxidación del nitrógeno en los siguientes compuestos (óxidos de nitrógeno):
- | | | | | |
|----|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| NO | N ₂ O ₃ | NO ₂ | N ₂ O ₄ | N ₂ O ₅ |
|----|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|

RECORDATORIO:

Los ejercicios en letra pequeña (Times NR 9) no son para novatos, como ya se ha explicado en el prólogo.

- 1.14** Hay tres únicos elementos metálicos cuyo símbolo es una sola letra (en lugar de dos letras, que es lo más general, o en lugar de tres como en los elementos transuránicos). Dos de ellos se utilizarán a menudo en este texto. ¿Cuáles son? (Buscarlos.)
- 1.15** La IUPAC permitía utilizar los símbolos Id y Va para dos elementos bastante corrientes cuando “una sola letra pueda dar lugar a confusión, por ejemplo con numerales romanos”. Estos pequeños detalles han tenido una existencia corta, porque en las revisiones más actuales han desaparecido. De todas formas, ¿a qué elementos se referían?
- 1.16** Indicar el número o grado de oxidación de los elementos “desconocidos” (X y Z) en los compuestos siguientes. En base a la TP simplificada que se usa aquí, sugerir elementos metálicos que puedan dar lugar a tales compuestos.
- | | | | |
|----|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| XO | X ₂ O ₃ | XO ₂ | X ₂ O ₅ |
| ZO | Z ₂ O ₃ | ZO ₂ | Z ₂ O ₇ |
- 1.17** Las Tablas de las págs. 10 y 11 son simplificadas, dado que sólo incluyen 45–50 elementos con los números de oxidación que presentan en sus compuestos relativamente más abundantes o más estables. Pero eso no significa que no existan compuestos en los que dichos elementos actúen con otros números de oxidación, como se puede ver en los casos siguientes:
- | | | |
|-----|------------------|------------------|
| ScH | ScH ₂ | ScH ₃ |
|-----|------------------|------------------|
- ¿Cuáles son estos números de oxidación?