



RESUMEN DE LAS NORMAS IUPAC 2005 DE NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA PARA SU USO EN ENSEÑANZA SECUNDARIA Y RECOMENDACIONES DIDÁCTICAS.

5

OTROS MATERIALES DE INTERÉS

Pascual Román Polo
Luis Ignacio García González
Salvador Olivares Campillo

Fecha de presentación
17 de mayo de 2016

En este capítulo se recogen algunos documentos, que por su interés para profesores y estudiantes de enseñanza secundaria y bachillerato, se incluyen aquí para que puedan ser manejados más fácilmente. Algunos han sido publicados y otros no. Todos ellos fueron consultados para la elaboración de los documentos anteriores. A continuación, se indican algunos de estos documentos que se hallan en webs que recomendamos su visita (Tabla 1).

Tabla 1. Páginas web recomendadas.

Páginas web	Comentarios
bit.ly/1Sph4HP	Apuntes de nomenclatura Química Inorgánica. FisQuiWeb. Luis Ignacio García, I.E.S La Magdalena, Avilés, Asturias, visitada el 08/04/2016.
bit.ly/1MjIL9x	Nomenclatura de química inorgánica. Salvador Olivares Campillo, IES Floridablanca, Murcia, visitada el 08/04/2016.
bit.ly/24hT8yd	FiQuiPedia. Nomenclatura de química inorgánica. Elaborado por Enrique García Simón, visitada el 08/04/2016.
bit.ly/1OHcEcl	<i>Corrections to Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005</i> , Royal Society of Chemistry, 2005, visitada el 08/04/2016.

Los documentos que se incluyen a continuación, se han seleccionado porque tienen interés para ampliar los conocimientos de nomenclatura de química inorgánica para profesores de secundaria y bachillerato y estudiantes interesados (Tabla 2).

Tabla 2. Documentos de consulta recomendados.

Documento	Comentarios
Brief Guide	Brief Guide to the Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC, octubre 2015.
Guía Breve	Guía Breve para la Nomenclatura de Química Inorgánica, IUPAC, noviembre 2015.
Nomenclatura química inorgánica básica	Nomenclatura química inorgánica básica, Química e Industria, Nº 609, abril-junio 2014, pp. 34-41.
Breve historia de la traducción	Breve historia de la traducción del <i>Libro rojo</i> de 2005 de la IUPAC, Panacea, Nº IX (28), pp. 171-176.
Guía sobre el uso de la Nomenclatura de Química Inorgánica	Guía sobre el uso de la Nomenclatura de Química Inorgánica para las Pruebas de Acceso a la Universidad, Departamento de Química Inorgánica, Universidad de La Rioja, 2015.

multiplicative prefixes (Table 2) are added to the name of each entity. The prefixes are 'di', 'tri', 'tetra', etc., for use with names for simple entities, or 'bis', 'tris', 'tetrakis', etc., for names for most entities which themselves contain multiplicative prefixes or locants. Care must also be taken in situations when use of a simple multiplicative prefix may be misinterpreted, e.g., tris(iodide) must be used for 3I^- rather than triiodide (which is used for I_3^-), and bis(phosphate) rather than diphosphate (which is used for $\text{P}_2\text{O}_4^{4-}$). Examples are shown in Table 4. There is no elision of vowels (e.g., tetraaqua, pentaoxide), except in the special case of monoxide.

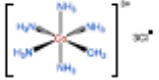
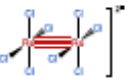
Names of neutral components are separated by 'em' dashes without spaces. Inorganic compounds may themselves be components in (formal) addition compounds (last four examples in Table 4). The ratios of component compounds can be indicated, in general, using a stoichiometric descriptor in parentheses after the name (see the last three examples in Table 4). In the special case of hydrates, multiplicative prefixes can be used with the term 'hydrate'.

2 COMPLEXES AND ADDITIVE NOMENCLATURE

2.1 Overall approach

Additive nomenclature was developed in order to describe the structures of coordination entities, or complexes, but this method is readily extended to other molecular entities as well. Mononuclear complexes are considered to consist of a central atom, often a metal ion, which is bonded to surrounding small molecules or ions, which are referred to as ligands. The names of complexes are constructed (Table 5) by adding the names of the ligands before those of the central atoms, using appropriate multiplicative prefixes. Formulae are constructed by adding the symbols or abbreviations of the ligands after the symbols of the central atoms (Section 2.7).

Table 5: Producing names for complexes: simple ligands

Structure to be named		
Central atom(s)	cobalt(III)	2 × rhenium
Identify and name ligands	ammonia → ammine water → aqua	chloride → chlorido
Assemble name	pentaammineaqua-cobalt(III) chloride	caesium bis(tetrachlorido-rhenate)(Re-Re)(2-)

2.2 Central atom(s) and ligands

The first step is to identify the central atom(s) and thereby also the ligands. By convention, the electrons involved in bonding between the central atom and a ligand are usually treated as belonging to the ligand (and this will determine how it is named).

Each ligand is named as a separate entity, using appropriate nomenclature⁴ – usually substitutive nomenclature for organic ligands^{2,4,6} and additive nomenclature for inorganic ligands. A small number of common molecules and ions are given special names when present in complexes. For example, a water ligand is represented by 'aqua', while carbon monoxide bound to the central atom through the carbon atom is represented by the term 'carbonyl' and nitrogen monoxide bound through nitrogen is represented by 'nitrosyl'. Names of anionic ligands that end in 'ide', 'ate', or 'ite' are modified within the full additive name for the complex to end in 'ido', 'ato', or 'ito', respectively. Note that the 'ido' ending is now used for halide and oxide ligands as well. By convention, a single coordinated hydrogen atom is always considered anionic and it is represented in the name by the term 'hydrido', whereas coordinated dihydrogen is usually treated as a neutral two-electron donor entity.

2.3 Assembling additive names

Once the ligands have been named, the name can be assembled. This is done by listing the ligand names in alphabetical order before the name of the central atom(s), without regard to ligand charge. If there is more than one ligand of a particular kind bound to a central atom in the same way, the number of such identical ligands is indicated using the appropriate multiplicative prefix for simple or complicated ligands (Table 2), not changing the already established alphabetical order of ligands. The nesting order of enclosing marks,

for use in names where more than one set of enclosing marks is required, is: (), [()], { ({ }) }, ((({ }))), etc.

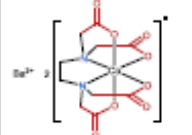
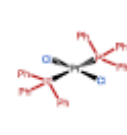
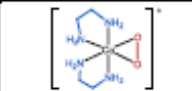
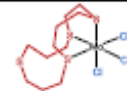
Any metal-metal bonds are indicated by placing the central atom symbols in parentheses, in italics and connected by an 'em' dash, after the name of the complex (without spaces). The charge number of the complex or the oxidation number of the central atom is appended to the name of the complex. For anions that are named additively, the name of the central atom is given the 'ate' ending in a similar way to the 'ide' endings of homoatomic anions (Section 1). In some cases, by tradition, the Latin stem is used for the 'ate' names, such as in ferrate (for iron), cuprate (for copper), argentate (for silver), stannate (for tin), aurate (for gold), and plumbate (for lead).¹² Finally, the rules of compositional nomenclature (Section 1) are used to combine the additive names of ionic or neutral coordination entities with the names of any other entities that are part of the compound.

2.4 Specifying connectivity

Some ligands can bind to a central atom through different atoms under different circumstances. Specifying just which ligating (coordinating) atoms are bound in any given complex can be achieved by adding κ -terms to the name of the ligand. The κ -term comprises the Greek letter κ followed by the italicised element symbol of the ligating atom. For more complicated ligands the κ -term is often placed within the ligand name following the group to which the κ -term refers. Multiple identical links to a central atom can be indicated by addition of the appropriate numeral as a superscript between the κ and element symbols (see Table 6). These possibilities are discussed in more detail in the Red Book.¹³ If the ligating atoms of a ligand are contiguous (i.e., directly bonded to one another), then an η -term is used instead, for example, for many organometallic compounds (Section 2.6) and the peroxido complex in Table 6.

A κ -term is required for ligands where more than one coordination mode is possible. Typical cases are thiocyanate, which can be bound through either the sulfur atom (thiocyanato- κS) or the nitrogen atom (thiocyanato- κN), and nitrite, which can be bound through either the nitrogen atom (M-NO₂, nitrito- κN), or an oxygen atom (M-ONO, nitrito- κO). The names pentaammine(nitrito- κN)cobalt(2+) and pentaammine(nitrito- κO)cobalt(2+) are used for

Table 6: Producing names for complexes: complicated ligands

Structure to be named		
Central atom	cobalt(III) → cobaltate(III)	platinum(II)
Identify and name ligands	2,2',2'',2'''-(ethane-1,2-diyl-dinitrilo)tetraacetate → 2,2',2'',2'''-(ethane-1,2-diyl-dinitrilo)tetraacetato	chloride → chlorido triphenylphosphane
Specify ligating atoms	2,2',2'',2'''-(ethane-1,2-diyl-dinitrilo- $\kappa^2\text{N}$)tetraacetato- $\kappa^4\text{O}$	not required for chloride triphenylphosphane- $\kappa^3\text{P}$
Assemble name	barium [2,2',2'',2'''-(ethane-1,2-diyl-dinitrilo- $\kappa^2\text{N}$)tetraacetato- $\kappa^4\text{O}$]cobaltate(III)	dichlorido-bis(triphenylphosphane- $\kappa^3\text{P}$)platinum(II)
Structure to be named		
Central atom	cobalt(III)	molybdenum(III)
Identify and name ligands	ethane-1,2-diamine peroxide → peroxido	chloride → chlorido 1,4,8,12-tetrathia-cyclopentadecane
Specify ligating atoms	ethane-1,2-diamine- $\kappa^2\text{N}$ η^2 -peroxido	not required for chloride 1,4,8,12-tetrathia-cyclopentadecane- $\kappa^4\text{S}^4$
Assemble name	bis(ethane-1,2-diamine- $\kappa^2\text{N}$)-(η^2 -peroxido)cobalt(III)	trichlorido(1,4,8,12-tetrathia-cyclopentadecane- $\kappa^4\text{S}^4$)molybdenum(III)

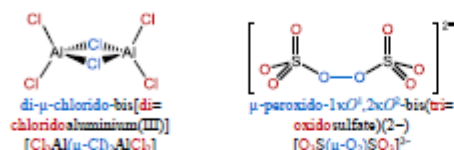
¹² Reference 5, Table X.

¹³ Reference 5, Section IR-9.2.4.

each of the isomeric nitrito complex cations. More examples of constructing names using κ -terms to specify the connectivity of ligands are shown in Table 6. A κ -term may also be used to indicate to which central atom a ligand is bound if there is more than one central atom (Section 2.5).

2.5 Bridging ligands

Bridging ligands are those bound to more than one central atom. They are differentiated in names by the addition of the prefix ' μ ' (Greek μ), with the prefix and the name of the bridging ligand being separated from each other, and from the rest of the name, by hyphens. This is sufficient if the ligand is monoatomic, but if the ligand is more complicated it may be necessary to specify which ligating atom of the ligand is attached to which central atom. This is certainly the case if the ligating atoms are of different kinds, and κ -terms can be used for this purpose.



2.6 Organometallic compounds

Organometallic compounds contain at least one bond between a metal atom and a carbon atom. They are named as coordination compounds, using the additive nomenclature system (see above). The name for an organic ligand binding through one carbon atom may be derived either by treating the ligand as an anion or as a neutral substituent group. The compound [Ti(CH₂CH₂CH₃)Cl₃] is thus named as trichlorido(propyl) titanium or as trichlorido(propyl) titanium. Similarly, 'methanido' or 'methyl' may be used for the ligand -CH₃.

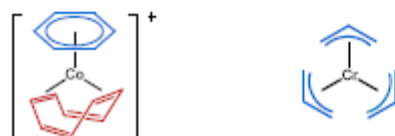
When an organic ligand forms two or three metal-carbon single bonds (to one or more metal centres), the ligand may be treated as a di- or tri-anion, with the endings 'diido' or 'triido' being used, with no removal of the terminal 'e' of the name of the parent hydrocarbon. Again, names derived by regarding such ligands as substituent groups and using the suffixes 'diyl' and 'triyl' are still commonly encountered. Thus, the bidentate ligand -CH₂CH₂CH₂- would be named propane-1,3-diido (or propane-1,3-diyl) when chelating a metal centre, and μ -propane-1,3-diido (or μ -propane-1,3-diyl) when bridging two metal atoms.

Organometallic compounds containing a metal-carbon multiple bond are given substituent prefix names derived from the parent hydrides which end with the suffix 'ylidene' for a metal-carbon double bond and with 'ylidyne' for a triple bond. These suffixes either replace the ending 'ane' of the parent hydride, or, more generally, are added to the name of the parent hydride with insertion of a locant and elision of the terminal 'e', if present. Thus, the entity CH₂CH₂CH= as a ligand is named propylidene and (CH₃)₂C= is called propan-2-ylidene. The 'diido'/'triido' approach, outlined above, can also be used in this situation. The terms 'carbene' and 'carbyne' are not used in systematic nomenclature.



dichlorido(phenylmethylidene)bis(tricyclohexylphosphane- κ)ruthenium, dichlorido(phenylmethanediido)bis(tricyclohexylphosphane- κ)ruthenium, or (benzylidene)dichlorido-bis(tricyclohexylphosphane- κ)ruthenium

The special nature of the bonding to metals of unsaturated hydrocarbons in a 'side-on' fashion via their π -electrons requires



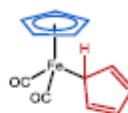
(η^4 -benzene)[(1,2,5,6- η -cycloocta-1,3,5,7-tetraene)cobalt(1+)]

tris(η^1 -prop-2-en-1-ido)chromium, tris(η^1 -prop-2-en-1-yl)chromium, or tris(η^1 -allyl)chromium

the eta (η) convention. In this 'hapto' nomenclature, the number of contiguous atoms in the ligand coordinated to the metal (the hapticity of the ligand) is indicated by a right superscript on the eta symbol, e.g., η^3 ('eta three' or 'trihapto'). The η -term is added as a prefix to the ligand name, or to that portion of the ligand name most appropriate to indicate the connectivity, with locants if necessary.

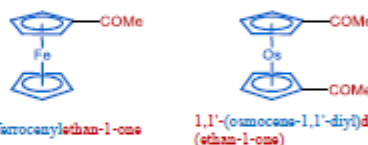
A list of many π -bonding unsaturated ligands, neutral and anionic, can be found in the Red Book.¹⁴

Note that the ubiquitous ligand η^5 -C₅H₅, strictly η^5 -cyclopenta-2,4-dien-1-ido, is also acceptably named η^5 -cyclopentadienido or η^5 -cyclopentadienyl. When cyclopenta-2,4-dien-1-ido coordinates through one carbon atom via a σ bond, a κ -term is added for explicit indication of that bonding. The symbol η^1 should not be used, as the eta convention applies only to the bonding of contiguous atoms in a ligand.



dicarbonyl(η^5 -cyclopentadienido)(cyclopenta-2,4-dien-1-ido- κ C')iron or dicarbonyl(η^5 -cyclopentadienyl)(cyclopenta-2,4-dien-1-yl- κ C')iron

Discrete molecules containing two parallel η^5 -cyclopentadienyl ligands in a 'sandwich' structure around a transition metal, as in bis(η^5 -cyclopentadienyl)iron, [Fe(η^5 -C₅H₅)₂], are generically called metallocenes and may be given 'ocene' names, in this case ferrocene. These 'ocene' names may be used in the same way as parent hydride names are used in substitutive nomenclature, with substituent group names taking the forms 'ocenyl', 'ocenediyl', 'ocenetriyl' (with insertion of appropriate locants).



By convention, 'organoelement' compounds of the main group elements are named by substitutive nomenclature if derived from the elements of Groups 13–16, but by additive nomenclature if derived from the elements of Groups 1 and 2. In some cases compositional nomenclature is used if less structural information is to be conveyed. More detail is provided in the Red Book.¹⁵

2.7 Formulae of coordination compounds

Line formulae for coordination entities are constructed within square brackets to specify the composition of the entity. The overall process is shown in Table 7. The symbol for the central atom is

Table 7: Producing line formulae for complexes

Structure	Central atom(s)	Ligands	Assemble formula
	Co	NH ₃ , OH ₂	[Co(NH ₃) ₆ (OH ₂) ₃] ³⁺
	2 × Co	Cl	[Co ₂ (Cl ₃ ReReCl ₃) ₂] ⁴⁺
	Co	2,2',2'',2'''-(ethane-1,2-diyl)dinitrilotetraacetate → edta	[Co(edta)] ³⁻
	Pt	Cl triphenylphosphane → PPh ₃	[PtCl ₃ (PPh ₃) ₂]

¹⁴ Reference 5, Table IR-10.4.
¹⁵ Reference 5, Section IR-10.3.

placed first and is then followed by the symbols or abbreviations for the ligands (in alphabetical order according to the way they are presented in the formula). Where possible the coordinating (ligating) atom should be placed nearer the central atom in order to provide more information about the structure of the complex. If possible, bridging ligands should be placed between central atom symbols for this same reason (see examples in Section 2.5). Generally ligand formulae and abbreviations are placed within enclosing marks (unless the ligand contains only one atom), remembering that square brackets are reserved to define the coordination sphere. Multiple ligands are indicated by a right subscript following the enclosing marks or ligand symbol.

2.8 Inorganic oxoacids and related compounds

Inorganic oxoacids, and the anions formed by removing the acidic hydrogens (H⁺) from them, have traditional names, many of which are well-known and can be found in many textbooks: sulfuric acid, sulfate; nitric acid, nitrate; nitrous acid, nitrite; phosphoric acid, phosphate; arsenic acid, arsenate; arsenous acid, arsenite; silicic acid, silicate, etc. These names are retained in IUPAC nomenclature, firstly because they almost invariably are the names used in practice, and secondly because they play a special role in organic nomenclature when names are needed for organic derivatives. However, all the oxoacids themselves and their derivatives may be viewed as coordination entities and named systematically using additive nomenclature (Table 8).¹⁶

Table 8: Examples of inorganic oxoacids and derivatives

Formula	Traditional or organic name	Additive name
H ₂ SO ₄ or [S(O) ₂ (OH) ₂]	sulfuric acid	dihydroxido(dioxido)sulfur
(CH ₃) ₂ SO ₃ or [S(O)(OMe) ₂]	dimethyl sulfate	dimethoxy(dioxido)sulfur or dimethoxy(dioxy)sulfur
H ₃ PO ₄ or [P(H)(O)(OH) ₂]	phosphoric acid	hydroxido(dihydroxido)(dioxido)phosphorus
PhP(O)(OH) ₂	phenylphosphonic acid	dihydroxido(dioxido)(phenyl)phosphorus

*Note: The term 'phosphorous acid' has been used in the literature for both the species named phosphonic acid in Table 8 and that with the formula P(OH)₃, trihydroxyphosphorus. It is used in organic nomenclature in the latter sense.

The traditional oxoacid names may be modified according to established rules for naming derivatives formed by functional replacement¹⁶: thus 'thio' denotes replacement of =O by =S; prefixes 'fluoro', 'chloro', etc., and infixes 'fluorido', 'chlorido', etc., denote replacement of -OH by -F, -Cl, etc.; 'peroxy'/'peroxo' denote replacement of -O- by -OO-; and so forth (Table 9).

If all hydroxy groups in an oxoacid are replaced, the compound is no longer an acid and is not named as such, but will have a traditional functional class name¹⁶ as, e.g., an acid halide or amide. Such compounds may again be systematically named using additive nomenclature (Table 10).

A special construction is used in hydrogen names, which allows the indication of hydrogens bound to an anion without specifying exactly where. In such names, the word 'hydrogen' is placed at the front of the name with a multiplicative prefix (if applicable) and with no space between it and the rest of the name, which is placed in parentheses. For example, dihydrogen(diphosphate)(2-) denotes H₂P₂O₇²⁻, a diphosphate ion to which two hydrogens have been added, with the positions not known or at least not being specified. One may view the common names for partially dehydrated oxoacids, such as hydrogenphosphate, HPO₄²⁻, and dihydrogenphosphate, H₂PO₄⁻, as special cases of such hydrogen names. In these simplified names, the charge number and the

Table 9: Examples of derivatives of inorganic oxoacids and anions formed by functional replacement

Formula	Name indicating functional replacement	Additive name
H ₂ PS ₄ or [P(S)(SH) ₃]	tetrathiophosphoric acid or phosphotetrathioic acid	tris(sulfamido)sulfido-phosphorus
H ₂ PFO ₄ or [PF(O)(OH) ₂]	fluorophosphoric acid or phosphorofluoridic acid	fluorido(dihydroxido)(dioxido)phosphorus
S ₂ O ₃ ²⁻ or [S(O) ₂ (S)] ²⁻	thiosulfate or sulfurothioate	trioxido(sulfido)sulfate(2-)
[O ₂ S(μ-O)SO ₂] ²⁻	peroxydisulfate	see Section 2.5

¹⁶ Reference 5, Chapter IR-8.

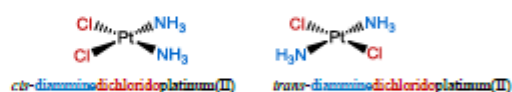
Table 10: Examples of functional class names and corresponding additive names

Formula	Functional class name	Additive name
PCl ₅ O	phosphoryl trichloride	trichlorido(dioxido)=phosphorus
SCl ₂ O ₂	sulfuryl dichloride	dichlorido(dioxido)sulfur
S(NH ₂) ₂ O ₂	sulfuric diamide	diamido(dioxido)sulfur

parentheses around the main part of the name are left out. Again, these particular anions may be named systematically by additive nomenclature. The word 'hydrogen' is placed *separately* in forming analogous names in organic nomenclature, for example, dodecyl hydrogen sulfate, C₁₂H₂₅OS(O₂)OH. This difference between the two systems has the consequence that the important carbon-containing ion HCO₃⁻ can be named equally correctly as 'hydrogen carbonate' and as 'hydrogencarbonate' (but not as bicarbonate).

3 STEREODESCRIPTORS

The approximate geometry around the central atom is described using a polyhedral symbol placed in front of the name. The symbol is made up of italicised letter codes for the geometry and a number that indicates the coordination number. Frequently used polyhedral symbols are OC-6 (octahedral), SP-4 (square-planar), T-4 (tetrahedral), SPY-5 (square-pyramidal), and TBPY-5 (trigonal-bipyramidal). More complete lists are available.¹⁷ The relative positions of ligating groups around a central atom can be described using a configuration index that is determined in a particular way for each geometry,¹⁸ based on the Cahn-Ingold-Prelog priorities of the ligating groups,¹⁹ and it may change if the ligands change, even if the geometry remains the same. The absolute configuration can also be described. Generally configuration indices are used only if there is more than one possibility and a particular stereoisomer is to be identified. The full stereodescriptors for the particular square-planar platinum complexes shown below are (SP-4-2) and (SP-4-1), for the *cis* and *trans* isomers, respectively. Alternatively, a range of traditional stereodescriptors may be used in particular situations. Thus the isomers that are possible when a square-planar centre is coordinated by two ligating groups of one type and two of another are referred to as *cis*- (when the identical ligands are coordinated next to each other) or *trans*- (when they are coordinated opposite to each other).



Octahedral centres with four ligands of one kind and two of another can also be referred to as *cis*- (when the two identical ligands are coordinated next to each other) or *trans*- (when they are coordinated opposite each other). Octahedral centres with three of each of two kinds of ligand can be described as *fac*- (facial), when the three ligands of a particular kind are located at the corners of a face of the octahedron, or *mer*- (meridional), when they are not.

4 SUMMARY

This document provides an outline of the essential nomenclature rules for producing names and formulae for inorganic compounds, coordination compounds, and organometallic compounds. The complementary document for nomenclature systems of organic chemistry² will also be useful to the reader.

Names and formulae have only served half their role when they are created and used to describe or identify compounds, for example, in publications. Achieving their full role requires that the reader of a name or formula is able to interpret it successfully, for example, to produce a structural diagram. The present document is also intended to assist in the interpretation of names and formulae.

Finally, we note that IUPAC has produced recommendations on the graphical representation of chemical structures and their stereochemical configurations.²⁰

¹⁷ Reference 4, Table P5; Reference 5, Tables IR-9.2 and IR-9.3.

¹⁸ Reference 5, Section IR-9.3.3.

¹⁹ R. S. Cahn, C. Ingold, V. Prelog, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 5, 385-415 and 511 (1966); V. Prelog, G. Helmchen, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 21, 567-583 (1982).

²⁰ J. Brecher, K. N. Degyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, G. P. Moss, P. Murray-Rust, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, S. Stein, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, 78(10), 1897-1970 (2006); J. Brecher, K. N. Degyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, K.-H. Hellwich, J. Kahovec, G. P. Moss, A. McNaught, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, 80(2), 277-410 (2008).





Guía Breve para la Nomenclatura de Química Inorgánica

R. M. Hartshorn (Nueva Zelanda),* K.-H. Hellwich (Alemania), A. Yerin (Rusia), T. Damhus (Dinamarca), A. T. Hutton (Sudáfrica). *C-e: inorganic.nomenclature@iupac.org. Patrocinado por: [División de Nomenclatura Química y Representación Estructural de la IUPAC](http://www.iupac-nomenclature.org).

Traducido y adaptado por: Miguel A. Ciriano (España),¹ Pascual Román Polo (España).¹ C-e: mciriano@unizar.es.

INTRODUCCIÓN

La adopción universal de una nomenclatura química consensuada es una herramienta clave para la comunicación eficiente en las ciencias químicas, para la búsqueda con ordenadores en bases de datos y con fines regulatorios, tales como los asociados a la salud y la seguridad o a la actividad comercial. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC en sus siglas inglesas) ofrece recomendaciones sobre la naturaleza y el uso de la nomenclatura química.¹ Los fundamentos de esta nomenclatura se muestran aquí y en los documentos complementarios sobre los sistemas de nomenclatura de *química orgánica*² y *polímeros*,³ con hipervínculos a los documentos originales. Un resumen general de la nomenclatura química se puede encontrar en *Principles of Chemical Nomenclature*.⁴ Detalles mayores se pueden hallar en *Nomenclature of Inorganic Chemistry* coloquialmente conocido como el Libro Rojo,⁵ y en las publicaciones relacionadas con *compuestos orgánicos* (el Libro Azul)⁶ y *polímeros* (el Libro Púrpura).⁷ Cabe señalar que muchos compuestos pueden tener nombres no-sistemáticos o semi-sistemáticos (algunos de los cuales no son aceptados por la IUPAC, por ejemplo, porque son ambiguos) y las reglas IUPAC permiten dar más de un nombre sistemático a un compuesto en muchos casos. La IUPAC está elaborando la identificación de los nombres individuales preferidos a efectos de regulación (*Preferred IUPAC Names* o PINs).

Nota: En este documento, el símbolo '=' se utiliza para dividir los nombres que resultan ser demasiado largos para el formato de la columna, a menos que ya haya un guión presente en el nombre.

Los límites entre compuestos 'orgánicos' e 'inorgánicos' son difusos. Los tipos de nomenclatura descritos en este documento son aplicables a los compuestos, moléculas e iones que no contienen carbono y también a muchas estructuras que contienen carbono (Sección 2), principalmente los que contienen elementos de los grupos 1-12. La mayoría de los compuestos de boro se tratan mediante una nomenclatura especial.⁸

1 NOMBRES ESTEQUIOMÉTRICOS O DE COMPOSICIÓN

Un nombre estequiométrico o de composición solo proporciona información sobre la composición de un ion, molécula o compuesto y puede estar relacionado bien con la fórmula empírica o con la molecular de esa especie. No proporciona ninguna información estructural. Para las especies homotómicas, donde únicamente hay un elemento, el nombre se forma (Tabla 1) combinando el nombre del elemento con el prefijo multiplicador pertinente (Tabla 2). Los iones se nombran añadiendo los números de carga entre paréntesis, p. ej., (1+), (3+), (2-) y para (la mayoría de) los nombres de los aniones homotómicos se añade la terminación 'uro' en lugar de las terminaciones de los nombres de los elementos: 'oso', 'ico', 'o', 'io', 'oso', 'ono', u 'oro'.⁹ Las excepciones incluyen al cinc, el oxígeno y los elementos del grupo 18 que acaban en 'on', donde la terminación 'uro' se añade a los nombres de los elementos. Para algunos elementos (p. ej., S, Fe, Ag, Au) se usa la raíz del nombre en latín antepuesta a la terminación 'uro' (cf. Sección 2.3).⁹ Algunos iones pueden tener nombres tradicionales aceptables (que se usan sin números de carga).

Se permite la publicación de este documento por cualquier medio bajo la condición de que sea completo e inalterado. Copyright de la versión inglesa © IUPAC & De Gruyter 2015. Publicado en *Pure Appl. Chem.* 87, 1039-1049 (2015).

¹ Disponible gratuitamente (en versión inglesa) en:

(a) <http://www.iupac.org/publications/pac/>; (b) <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>

² K.-H. Hellwich, R. M. Hartshorn, A. Yerin, T. Damhus, A. T. Hutton, Brief Guide to the Nomenclature of Organic Chemistry, *Pure Appl. Chem.*, en preparación.

³ R. C. Hiorns, R. J. Boucher, R. Dublev, K.-H. Hellwich, P. Hodge, A. D. Jenkins, R. G. Jones, J. Kahovec, G. Moad, C. K. Ober, D. W. Smith, R. F. T. Stepto, J.-P. Vairon, J. Vohlidal, *Pure Appl. Chem.* 84(10), 2167-2169 (2012).

⁴ *Principles of Chemical Nomenclature - A Guide to IUPAC Recommendations*, 2011 Edition, G. J. Leigh (Ed.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-1-84973-007-5.

⁵ *Nomenclature of Inorganic Chemistry - IUPAC Recommendations 2005*, N. G. Connolly, T. Damhus, R. M. Hartshorn, A. T. Hutton (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 0-85404-438-8.

⁶ *Nomenclature of Organic Chemistry - IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013*, H. A. Favre, W. H. Powell (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-182-4.

⁷ *Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature - IUPAC Recommendations 2008*, R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Krayama, W. V. Metzomski (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-491-7.

⁸ Referencia 4, Capítulo 10.

⁹ Referencia 5, Tabla IX.

Tabla 1. Ejemplos de especies homotómicas

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
O ₂	dióxígeno	Cl ⁻	cloruro(1-) o cloruro
S ₈	octaamfuro	I ₃ ⁻	triioduro(1-)
Na ⁺	sodio(1+)	O ₂ ²⁻	dióxido(2-) o peróxido
Fe ³⁺	hierro(3+)	N ₃ ⁻	trinitruro(1-) o azida

Tabla 2. Prefijos multiplicadores para especies simples y complejas

N°	Simple	Complicado	N°	Simple	Complicado
2	di	bis	8	octa	octakis
3	tri	tris	9	nona	nonakis
4	tetra	tetrakis	10	deca	decakis
5	penta	pentakis	11	undeca	undecakis
6	hexa	hexakis	12	dodeca	dodecakis
7	hepta	heptakis	20	icosa	icosakis

Los compuestos binarios (los que contienen átomos de dos elementos) se nombran estequiométricamente combinando los nombres de los elementos y escribiendo, por convenio, el elemento al que se llega primero cuando se sigue la flecha de la secuencia de los elementos (Figura 1) como si se tratara de un anión. Así, el nombre de este elemento formalmente 'electronegativo' se le da la terminación 'uro' y se coloca el primero en el nombre del compuesto, siguiéndole la preposición 'de' y el nombre del elemento formalmente 'electropositivo' (Tabla 3).

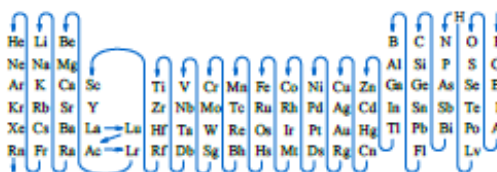


Figura 1. Secuencia de los elementos.

Tabla 3. Ejemplos de compuestos binarios

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
GaAs	arsenuro de galio	FeCl ₂	dicloruro de hierro o cloruro de hierro(II)
CO ₂	dioxido de carbono	FeCl ₃	tricloruro de hierro o cloruro de hierro(III)
CaF ₂	difluoruro de calcio o fluoruro de calcio	H ₂ O ₂	dioxido de dihidrógeno o peróxido de hidrógeno

De nuevo, los prefijos multiplicadores (Tabla 2) se aplican cuando sea necesario, y se pueden usar nombres alternativos¹⁰ aceptables. La estequiometría puede deducirse en algunos casos mediante los números de oxidación, o puede estar completamente implícita cuando no existe ninguna duda, como en el fluoruro de calcio.

Generalmente, las especies heteropolitómicas pueden nombrarse de manera similar usando la nomenclatura de composición, pero, a menudo, se utiliza la nomenclatura de sustitución¹¹ o la de adición (Sección 2). En este último caso, también se proporciona información sobre la manera en que los átomos están conectados. Por ejemplo, POCl₃ (o PCl₃O), nombre de composición: tricloruro óxido de fósforo recibe un nombre de adición en la Tabla 10.

Ciertos iones tienen nombres tradicionales cortos, que se utilizan comúnmente y se aceptan todavía (p. ej., amonio, NH₄⁺; hidróxido, OH⁻; nitrato, NO₃⁻; fosfato, PO₄³⁻; difosfato, P₂O₇⁴⁻).

Los compuestos inorgánicos, en general, pueden ser combinaciones de cationes, aniones y especies neutras. Por convenio, el nombre de un compuesto está formado por los nombres de las especies que lo componen: los aniones preceden a los cationes y los componentes neutros van al final (Véanse ejemplos en la Tabla 4).

Tabla 4. Uso de los prefijos multiplicadores en los nombres de composición

Fórmula	Nombre
Ca ₃ (PO ₄) ₂	bis(fosfato) de tricalcio
Ca ₃ P ₂ O ₇	difosfato de dicalcio
BaO ₂	dioxido(2-) de bario(2+) o peróxido de bario
MgSO ₄ ·7H ₂ O	sulfato de magnesio heptahidratado
CdSO ₄ ·6NH ₃	sulfato de cadmio-amoniaco (1/6)
AlK(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	bis(sulfato) de aluminio y potasio-agua (1/12) o bis(sulfato) de aluminio y potasio dodecahidratado
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·K ₂ SO ₄ ·24H ₂ O	tris(sulfato) de aluminio-sulfato de dipotasio-agua (1/1/24)

¹⁰ Referencia 4, Tabla P10.

¹¹ Referencia 5, Capítulo IR-6.



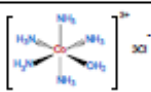

El número de cada entidad presente se tiene que especificar con el fin de reflejar la composición del compuesto. Con este propósito, los prefijos multiplicadores (Tabla 2) se añaden al nombre de cada especie. Los prefijos a usar con los nombres de entidades sencillas son 'di', 'tri', 'tetra', etc., o 'bis', 'tris', 'tetrakis', etc., para el caso de especies que ellas mismas contienen prefijos multiplicadores o localizadores. También hay que tener cuidado en las situaciones en las que un prefijo multiplicador simple puede ser malinterpretado, p. ej., tris(yoduro) tiene que usarse para $3I^-$ en lugar de triyoduro (que se usa para I_3^-), y bis(fosfato) en lugar de difosfato (que se usa para $P_2O_4^{4-}$). Algunos ejemplos se muestran en la Tabla 4. No hay elisión de vocales (p. ej., tetraacua, pentaóxido), excepto en el caso especial de monóxido. Los nombres de los componentes neutros se separan por guiones extra largos (—) sin espacios. Los compuestos inorgánicos pueden ser, a su vez, componentes en compuestos de adición (formales) (últimos cuatro ejemplos de la Tabla 4). Las relaciones de los componentes pueden indicarse, en general, usando un descriptor estequiométrico con un paréntesis después del nombre (véanse los tres últimos ejemplos de la Tabla 4). En el caso especial de los hidratos, los prefijos multiplicadores pueden ser usados con el término 'hidrato'.

2 COMPLEJOS Y NOMENCLATURA DE ADICIÓN

2.1 Enfoque general

La nomenclatura de adición se desarrolla para describir las estructuras de entidades de coordinación, o complejos, pero este método también se extiende con facilidad a otras entidades moleculares. Se considera que los complejos mononucleares consisten en un átomo central, a menudo un ion metálico, que está unido a moléculas pequeñas o iones adyacentes, que se denominan ligandos. Los nombres de los complejos se construyen (Tabla 5) añadiendo los nombres de los ligandos antes que los de los átomos centrales, utilizando los prefijos multiplicadores pertinentes. Las fórmulas se construyen añadiendo los símbolos o abreviaturas de los ligandos después de los símbolos de los átomos centrales (Sección 2.7).

Tabla 5. Generación de nombres de complejos: ligandos sencillos

Estructura a nombrar		
Átomo(s) central(es)	cobalto(III)	2 × vanio
Identifique y nombre los ligandos	amoníaco → aminio agua → acua	cloruro → cloruro
Construya el nombre	cloruro de acua-penta-aminio cobalto(III)	bis(tetraclorovanato)= (Re-Re)(2-) de cesio

2.2 Átomo(s) central(es) y ligandos

El primer paso consiste en identificar el(los) átomo(s) central(es) y, por tanto, los ligandos. Por convenio, los electrones implicados en el enlace entre el átomo central y un ligando se considera que pertenecen al ligando (y esto determinará su nombre).

Cada ligando se nombra como una entidad separada utilizando la nomenclatura oportuna, generalmente de sustitución para ligandos orgánicos^{3,4,6} y de adición para ligandos inorgánicos. Un número pequeño de moléculas comunes e iones tienen nombres especiales cuando se encuentran en complejos. Por ejemplo, un ligando agua se representa en el nombre completo con el término 'acua'. Un ligando amoníaco se representa por 'aminio' mientras que el monóxido de carbono unido al átomo central por el átomo de carbono se describe con el término 'carbónilo' y el monóxido de nitrógeno unido por el nitrógeno se representa por 'nitrosilo'. Los nombres de ligandos aniónicos que terminan en 'uro', 'ito' y 'ato' no se modifican en el nombre de adición completo del complejo. Nótese que la desinencia 'uro' se utiliza también para los ligandos halogenuro y 'óxido' no se modifica. Por convenio, un solo átomo de hidrógeno coordinado se considera siempre aniónico y se representa en el nombre por el término 'hidruro', mientras que el dihidrógeno coordinado se trata generalmente como una entidad neutra donadora de dos electrones.

2.3 Construcción de los nombres de adición

Una vez nombrados los ligandos, puede construirse el nombre. Para ello se citan los nombres de los ligandos en orden alfabético antes del nombre del(los) átomo(s) central(es) sin tener en cuenta las cargas de los ligandos.

Si hubiera más de un ligando de un tipo particular unido de igual modo al átomo central, el número de esos ligandos idénticos se indica mediante el prefijo multiplicador adecuado para ligandos simples o complicados (Tabla 2), sin cambiar el orden alfabético de los ligandos establecido previamente. El orden de colocación de los signos de inclusión que se usa en los nombres cuando se necesita más de un signo de inclusión es: (), [], { }, (), { }, [], etc.

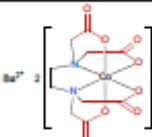

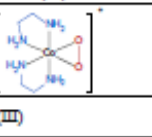
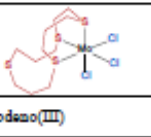
Los enlaces metal-metal se indican colocando los símbolos de los átomos centrales entre paréntesis, en cursiva y conectados por un guion extra largo (—) después del nombre del complejo (sin dejar espacios). El número de carga del complejo o el número de oxidación del átomo central se añade como sufixo al nombre del complejo. Para los aniones que se nombran por nomenclatura de adición se le da la desinencia 'ato' al nombre del átomo central, de igual modo que se usa la terminación 'uro' para los aniones monoatómicos (Sección 1). En algunos casos, por tradición, la raíz latina se usa para los nombres 'ato' como en

sulfato (para azufre), ferrato (para hierro), cuprato (para cobre), argentato (para plata), estannato (para estaño), aurato (para oro) y plumbato (para plomo).¹² Finalmente, las reglas de la nomenclatura de composición (Sección 1) se utilizan para combinar los nombres de adición de entidades de coordinación neutras o iónicas con los nombres de cualquier otra entidad que forma parte del compuesto.

2.4 Especificación de la conectividad

Algunos ligandos se pueden unir a un átomo central por distintos átomos en diferentes circunstancias. Especificar qué átomo ligante (coordinante) está unido en un complejo dado puede lograrse añadiendo términos-κ al nombre del ligando. El término-κ incluye la letra griega κ seguida del símbolo del elemento del átomo ligante en letra cursiva. Para ligandos más complicados el término-κ se coloca frecuentemente dentro del nombre del ligando a continuación del grupo al que se refiere. Pueden indicarse uniones idénticas múltiples a un átomo central añadiendo el número adecuado como un superíndice entre los símbolos κ y el del elemento (véase la Tabla 6). Estas posibilidades se discuten con detalle en el Libro Rojo.¹³ Si los átomos ligantes de un ligando son contiguos (es decir, están enlazados directamente), se usa en su lugar un término-η, por ejemplo en muchos compuestos organometálicos (Sección 2.6) y en el paréntesis complejo de la Tabla 6. Para ligandos que tienen la posibilidad de unirse mediante más de un modo de coordinación se requiere el uso de un término-κ. Casos típicos son el tiocianato, que puede unirse por el átomo de azufre (tiocianato-κS) o por el átomo de nitrógeno (tiocianato-κN) y el nitrito, que puede unirse por el átomo de nitrógeno (M-NO₂, nitrito-κN) o por un átomo de oxígeno (M-ONO, nitrito-κO). Los nombres pentaamminonitrito-κN/cobalto(2+) y pentaamminonitrito-κO/cobalto(2+) se usan para describir los dos nitrito-complejos isómeros canónicos. En la Tabla 6 se encuentran más ejemplos de construcción de nombres usando los términos-κ para especificar la conectividad de los ligandos. Si en un complejo existe más de un átomo central, se puede usar también un término-κ para indicar a qué átomo central está unido el ligando (Sección 2.5).

Tabla 6. Generación de nombres de complejos: ligandos complicados

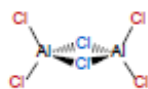
Estructura a nombrar		
Átomo central	cobalto(III) → cobaltato(III)	platino(II)
Identifique y nombre los ligandos	2,2',2''-(etano-1,2-diil=diimino)tetraacetato → 2,2',2''-(etano-1,2-diil=diimino)tetraacetato	cloruro → cloruro trifenilfosfano
Especifique los átomos ligantes	2,2',2''-(etano-1,2-diil=diimino-κ ³ N)tetraacetato-κ ³ O	no se necesita para cloruro trifenilfosfano-κ ³ P
Construya el nombre	(2,2',2''-(etano-1,2-diil=diimino-κ ³ N)tetraacetato-κ ³ O)cobaltato(III) de bario	diclorurobis(trifenilfosfano-κ ³ P)platino(II)
Estructura a nombrar		
Átomo central	cobalto(III)	molibdeno(III)
Identifique y nombre los ligandos	etano-1,2-diamina peróxido → peróxido	cloruro → cloruro 1,4,8,12-tetratetraciclooctadecano
Especifique los átomos ligantes	etano-1,2-diamina-κ ² N η ² -peróxido	no se necesita para cloruro 1,4,8,12-tetratetraciclooctadecano-κ ⁴ S ⁴ ,S ⁴ ,S ⁴ ,S ⁴
Construya el nombre	bis(etano-1,2-diamina-κ ² N)= (η ² -peróxido)cobalto(III)	tricloruro(1,4,8,12-tetratetraciclooctadecano-κ ⁴ S ⁴ ,S ⁴ ,S ⁴ ,S ⁴)molibdeno(III)

2.5 Ligandos puente

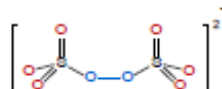
Los ligandos puente son aquellos que están unidos a más de un átomo central. Se diferencian en los nombres por la adición del prefijo 'μ' (letra griega mu) con el prefijo y el nombre del ligando puente separados uno del otro y del resto del nombre por guiones. Con esto es suficiente si el ligando es monoatómico, pero si el ligando es más complicado puede ser necesario especificar qué átomo ligante del ligando está unido a qué átomo central. Ciertamente, este es el caso en el que los átomos ligantes sean de tipo diferente y donde se puedan usar los términos-κ con esta finalidad.

¹² Referencia 5, Tabla X.

¹³ Referencia 5, Sección IR-9.2.4.



di-μ-chloro-bis(μ-chloroaluminio(III))
[Cl₂Al(μ-Cl)₂AlCl₂]



μ-peroxido-1κO',2κO'-bis(trioxido-sulfato)(2-)
[O₃S(μ-O₂)SO₃]²⁻

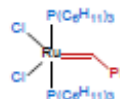
2.6 Compuestos organometálicos

Los compuestos organometálicos contienen al menos un enlace entre un átomo metálico y un átomo de carbono. Se nombran como compuestos de coordinación mediante el sistema de nomenclatura de adición (véase más arriba).

El nombre de un ligando orgánico que se une por un átomo de carbono puede derivarse al tratar el ligando como un anión o como un grupo sustituyente neutro. Así, el compuesto [Ti(CH₂CH₂CH₂)Cl₃] puede llamarse **triclouro(propen-1-uro)titanio** o **triclouro(propil)titanio**. De igual modo, para el ligando -CH₃ puede usarse 'metanuro' o 'metil'.

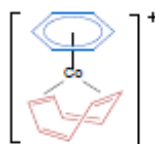
Si un ligando orgánico forma dos o tres enlaces sencillos: metal-carbono (con uno o más centros metálicos), el ligando puede considerarse como un di- o tri-anión, en cuyo caso se usan las terminaciones 'diuro' o 'triuro' sin eliminar la 'o' terminal del hidrocarburo progenitor. De nuevo, se encuentran muy frecuentemente los nombres que se derivan de considerar este tipo de ligandos como grupos sustituyentes con los sufijos 'diil' o 'triil'. Así, el ligando bidentado -CH₂CH₂CH₂- se llamaría **propano-1,3-diuro** (o **propano-1,3-diil**) si quelata a un centro metálico y **μ-propano-1,3-diuro** (o **μ-propano-1,3-diil**) si puentea dos átomos metálicos.

Los compuestos organometálicos que contienen un enlace múltiple metal-carbono reciben nombres de prefijos sustituyentes derivados de los hidruros progenitores que finalizan con el sufijo 'ilideno' para un enlace doble metal-carbono y con 'ilidino' para un enlace triple. Estos sufijos sustituyen a la terminación 'ano' del hidruro progenitor o, más generalmente, se añaden al nombre del hidruro padre con inserción de un localizador y elisión de la 'o' terminal si existe. Así, la entidad CH₂CH₂CH= como ligando se llama **propilideno** y (CH₃)₂C= se llama **propan-2-ilideno**. La metodología 'diuro'/'triuro' descrita anteriormente se puede usar también en esta situación. Sin embargo, los términos 'carbeno' y 'carbino' no se usan en nomenclatura sistemática.

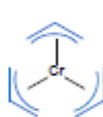


dicloruro(fenilmetilideno)bis(triciclohexilfosfano-κP)rutenio,
dicloruro(fenilmetanodiuuro)bis(triciclohexilfosfano-κP)rutenio,
o (bencilideno)diclorurobis(triciclohexilfosfano-κP)rutenio

La naturaleza especial del enlace de hidrocarburos insaturados con metales de modo 'side on', a través de sus electrones-π, requiere el convenio eta (η). En esta nomenclatura 'hapto' el número de átomos contiguos del ligando coordinados al metal (la hapticidad del ligando) se indica por un superíndice sobre el símbolo eta, por ejemplo, η⁵ ('eta tres' o 'trihapto'). El término-η se añade como un prefijo al nombre del ligando o a la porción del nombre del ligando más adecuada para indicar la conectividad, con localizadores si fuese necesario.



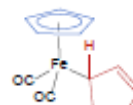
η⁵-benceno[(1,2,5,6-η)-cicloocta-1,3,5,7-tetraeno]cobalto(1+)



tris(η⁵-prop-2-en-1-uro)cromo,
tris(η⁵-prop-2-en-1-il)cromo,
o tris(η⁵-alil)cromo

Una lista de ligandos insaturados con enlaces-π neutros y aniónicos puede encontrarse en el Libro Rojo.¹⁴

Notese que el ligando ubicuo η⁵-C₅H₅, estrictamente η⁵-ciclopenta-2,4-dien-1-uro, se llama también aceptablemente η⁵-ciclopentadienuro o η⁵-ciclopentadienilo. Si el grupo ciclopenta-2,4-dien-1-uro se coordina por un solo átomo de carbono a través de un enlace σ se añade un término-κ para indicar explícitamente ese tipo de enlace. Sin embargo, el símbolo η¹ no debe usarse ya que el convenio eta se aplica solamente al enlace de átomos contiguos en un ligando.



dicarbonyl(η⁵-ciclopentadienuro)(ciclopenta-2,4-dien-1-uro-κC')hierro
o dicarbonyl(η⁵-ciclopentadienil)(ciclopenta-2,4-dien-1-il-κC')hierro

Las moléculas discretas que contienen dos ligandos η⁵-ciclopentadienuro paralelos en una estructura 'sandwich' en torno a un metal de transición, como en bis(η⁵-ciclopentadienuro)hierro, [Fe(η⁵-C₅H₅)₂], se llaman genéricamente **metallocenos** y pueden recibir nombres 'oceno'; en este caso **ferroceno**. Estos nombres 'oceno' pueden usarse de la misma manera que se usan los nombres de hidruros progenitores en la nomenclatura de sustitución, cuyos nombres de grupos sustituyentes toman las formas de 'ocenil', 'ocenodil', 'ocenotril' (con inserción de los localizadores pertinentes).



1-ferroceniletan-1-ona



1,1'-(osmoceno-1,1'-diil)di-(etan-1-ona)

Por convenio, los compuestos 'organoelemento' de los elementos de los grupos principales se nombran mediante la nomenclatura de sustitución si derivan de los grupos 13-16, pero con la nomenclatura de adición si derivan de los grupos 1 y 2. En algunos casos se usa la nomenclatura de composición si se va a transmitir poca información estructural. El Libro Rojo suministra más detalles.¹⁵

2.7 Fórmulas de los compuestos de coordinación

Las fórmulas en línea de las entidades de coordinación se escriben entre corchetes para especificar la composición de la entidad. El proceso global se muestra en la Tabla 7. El símbolo del átomo central se coloca en primer lugar y le siguen los símbolos o abreviaturas de los ligandos (en orden alfabético según el modo que se presentan en la fórmula). Cuando sea posible, el átomo que se coordina (ligante) debe colocarse más próximo al átomo central para proporcionar más información sobre la estructura del complejo. Por este mismo motivo, los ligandos puente deben colocarse entre los símbolos de los átomos centrales cuando sea posible (véanse ejemplos en la Sección 2.5). Generalmente, las fórmulas y abreviaturas de los ligandos se colocan entre signos de inclusión (salvo que el ligando contenga un solo átomo) y debe recordarse que los corchetes se reservan para definir la esfera de coordinación. La presencia de ligandos múltiples se indica con un subíndice a la derecha y a continuación del signo de inclusión o del símbolo del ligando.

Tabla 7. Generación de fórmulas lineales para complejos

Estructura		
Átomo(s) central(es)	Co	2 × Re
Ligandos	NH ₃ , OH ₂	Cl
Ensamble la fórmula	[Co(NH ₃) ₆ (OH ₂)Cl] ₃	Co ₂ [Cl ₂ Re ₂ Cl ₂]
Estructura		
Átomo(s) central(es)	Ba	Pt
Ligandos abreviados	2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil)dinitrilo-4-tetracetato → edta	Cl trifenilfosfano → PPh ₃
Ensamble la fórmula	Ba[Co(edta)] ₂	[PtCl ₂ (PPh ₃) ₂] ₂

¹⁴ Referencia 5, Tabla IR-10.4.

¹⁵ Referencia 5, Sección IR-10.3.

2.8 Oxácidos inorgánicos y compuestos relacionados

Los oxácidos inorgánicos y los aniones que se forman al eliminar sus hidrógenos (H^+) ácidos, tienen nombres tradicionales que son muy conocidos y pueden encontrarse en muchos libros de texto: ácido sulfúrico, sulfato; ácido nítrico, nitrato; ácido nítrico, nitrato; ácido fosfórico, fosfato; ácido arsenico, arsenato; ácido arsenioso, arsenito; ácido silícico, silicato; etc. Estos nombres se retienen en la nomenclatura de la IUPAC por dos razones, en primer lugar, porque son los nombres usados invariablemente en la práctica y, en segundo lugar, porque juegan un papel especial en la nomenclatura orgánica cuando se necesitan nombres para sus derivados orgánicos. No obstante, todos los oxácidos y sus derivados pueden considerarse como entidades de coordinación y nombrarse sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición (Tabla 8).¹⁴

Tabla 8. Ejemplos de oxácidos inorgánicos y derivados

Fórmula	Nombre tradicional u orgánico	Nombre de adición
H_2SO_4 o $[S(O)_2(OH)_2]$	ácido sulfúrico	dihidroxidodioxidosulfuro
$(CH_3)_2SO_3$ o $[S(O)_2(OMe)_2]$	sulfato de dimetilo	dimetoxidodioxidosulfuro o dimetoxalodioxidosulfuro
H_3PO_4 o $[P(O)(OH)_3]$	ácido fosfónico*	dihidroxidohidroxidooxido=fosforo
$PhP(O)(OH)_2$	ácido fenilfosfónico	(fenil)dihidroxidooxido=fosforo

*Nota: El término 'ácido fosfónico' se ha utilizado en la bibliografía para las especies llamadas ácido fosfónico en la Tabla 8 y para aquellas con la fórmula $P(O)(OH)_3$, trihidroxidofosforo. En el segundo sentido se utiliza en la nomenclatura orgánica.

Los nombres tradicionales de los oxácidos pueden modificarse conforme a reglas establecidas para nombrar derivados formados por reemplazo funcional.¹⁵ Así, 'tio' denota reemplazamiento de =O por =S; los prefijos 'fluoro', 'cloro', etc. y los infijos 'fluorido', 'clorido', etc., denotan reemplazo de -OH por -F, -Cl, etc.; 'peroxi'/'peroxo' denota reemplazo de -O- por -OO- y así sucesivamente (Tabla 9).

Si todos los grupos hidroxilo de un oxácido son reemplazados, el compuesto ya no es un ácido y no se nombra como tal sino que tendrá un nombre de clase funcional,¹⁶ como por ejemplo, un halogenuro de ácido o una amida. Dichos tipos de compuestos pueden nombrarse de nuevo sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición (Tabla 10).

Una construcción especial se usa en los nombres de hidrogeno, que permite la indicación de los hidrógenos unidos a un anión sin especificar exactamente donde. En dichos nombres, la palabra 'hidrogeno' (sin tilde) se coloca al principio del nombre con un prefijo multiplicador (si fuese pertinente) y sin espacio entre ella y el resto del nombre, el cual se encierra entre paréntesis. Por ejemplo, dihidrogeno(difosfato)(2-) denota $H_2P_2O_7^{2-}$, un ion difosfato al que se le han añadido dos hidrógenos en posiciones desconocidas o al menos no especificadas.

Los nombres comunes de oxácidos parcialmente deshidratados, tales como hidrogenofosfato, HPO_4^{2-} , y dihidrogenofosfato, $H_2PO_4^-$, pueden considerarse casos especiales de dichos nombres de hidrogeno. En estos nombres simplificados, se excluyen el número de carga y los paréntesis. De nuevo, estos aniones particulares pueden nombrarse sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición. La palabra 'hidrogeno' se coloca separada al

Tabla 9. Ejemplos de derivados de oxácidos inorgánicos y aniones formados por reemplazo funcional

Fórmula	Nombre que indica el reemplazo funcional	Nombre de adición
H_3PS_4 o $[P(S)(SH)_3]$	ácido tetratiosulfónico o ácido fosforotetratiosulfónico	tris(sulfuro)sulfuro=fosforo
H_2PFO_3 o $[PF(O)(OH)_2]$	ácido fluorofosfónico o ácido fosforofluorídico	fluorodihidroxidooxido=fosforo
$S_2O_7^{2-}$ o $[S(O)_2(S)]^{2-}$	tiosulfato o sulfurotioato	trioxidosulfuro=sulfato(2-)
$[O_3S(\mu-O)_2SO_3]^{2-}$	peroxidisulfato	véase la Sección 2.5

Tabla 10. Ejemplos de clases de nombres funcionales y sus correspondientes nombres de adición

Fórmula	Nombre de clase funcional	Nombre de adición
PCl_5O	tricloruro de fosforilo	triclorurooxido=fosforo
SCl_2O_2	dicloruro de sulfuro	diclorurodioxido=sulfuro
$S_2(NH_2)_2O_2$	diamida sulfurica	diamidodioxido=sulfuro

¹⁴ Referencia 5, Capítulo IR-8.

formar los nombres análogos en la nomenclatura orgánica; por ejemplo, hidrogeno sulfato de dodecilo, $C_{12}H_{25}OS(O)_2OH$. Esta diferencia entre los dos sistemas tiene como consecuencia que el ion HCO_3^- , que contiene carbono, pueda llamarse igual de correctamente 'hidrogeno carbonato' o 'hidrogenocarbonato' (pero nunca bicarbonato).

3 ESTEREODESCRIPTORES

La geometría aproximada alrededor del átomo central se describe mediante un símbolo del poliedro colocado al principio del nombre. El símbolo se construye con letras mayúsculas cursivas para la geometría y un número que indica el número de coordinación. Símbolos de poliedros que se usan frecuentemente son: OC-6 (octaedro), SP-4 (plano-cuadrado), T-4 (tetraedro), SPY-5 (pirámide cuadrada) y TBPY-5 (bipirámide trigonal). Listas más completas pueden obtenerse en la referencia.¹⁷ Las posiciones relativas de los grupos ligandos en torno a un átomo central se describen mediante un índice de configuración, que se determina de un modo particular para cada tipo de geometría,¹⁸ basado en las prioridades de Cahn-Ingold-Prelog de los grupos ligandos^{19,20} y puede cambiar si varían los ligandos aunque la geometría permanezca invariable. También puede describirse la configuración absoluta. Generalmente, los índices de configuración se utilizan solamente cuando existe más de una posibilidad y se tiene que identificar un estereoisómero en particular. Los estereodescriptores completos de los complejos plano-cuadrados de platino que se muestran a continuación son (SP-4-2) y (SP-4-1) para los isómeros *cis* y *trans*, respectivamente. Alternativamente, puede usarse una serie de estereodescriptores tradicionales en situaciones particulares. Así, los isómeros posibles para un centro plano-cuadrado coordinado por dos grupos ligandos de un tipo y dos de otro se describen como *cis* (si los ligandos idénticos están próximos uno del otro) o *trans* (si están opuestos uno al otro).



Los centros octaédricos con cuatro ligandos de un tipo y dos de otro también pueden describirse como *cis*- (si los dos ligandos idénticos están coordinados próximos uno del otro) o *trans*- (si están opuestos). Los centros octaédricos con tres ligandos del mismo tipo pueden describirse como *fac*- (facial) si los tres ligandos de un tipo particular se localizan en los ángulos de una cara del octaedro o *mer*- (meridional) si no lo están (se encuentran en un plano que contiene dos aristas del octaedro).

4 RESUMEN

Este documento proporciona un esquema de las reglas de nomenclatura esenciales para elaborar nombres y fórmulas de compuestos inorgánicos, de coordinación y organometálicos. El documento complementario de sistemas de nomenclatura de *química orgánica*² también será de utilidad al lector.

Los nombres y las fórmulas solo cumplen la mitad de su papel cuando se crean y se usan para describir o identificar compuestos, por ejemplo, en publicaciones. Conseguir que alcancen plenamente su papel requiere que el lector de un nombre o fórmula sea capaz de interpretarla con éxito, por ejemplo, generando un diagrama estructural. El presente documento también está destinado a ayudar en la interpretación de nombres y fórmulas.

Finalmente, queremos advertir que la IUPAC ha dado recomendaciones sobre la representación gráfica de estructuras químicas y sus configuraciones estereoquímicas.^{21,22}

¹⁷ Referencia 4, Tabla P5; Referencia 5, Tablas IR-9.2 e IR-9.3.

¹⁸ Referencia 5, Sección IR-9.3.3.

¹⁹ R. S. Cahn, C. Ingold, V. Prelog, *Angew. Chem.* 78, 413-447 (1966), *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 5, 385-415 y 511 (1966).

²⁰ V. Prelog, G. Helmchen, *Angew. Chem.* 94, 614-631 (1982), *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 21, 567-583 (1982).

²¹ J. Brecher, K. N. Degtyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, G. P. Moss, P. Murray-Rust, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, S. Stein, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, 78(10), 1897-1970 (2006).

²² J. Brecher, K. N. Degtyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, K.-H. Hellwich, J. Kahovec, G. P. Moss, A. McNaught, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, 80(2), 277-410 (2008).



Carlos Pico, Inmaculada Álvarez Serrano,
María Luisa López y María Luisa Veiga
Departamento de Química Inorgánica I,
Facultad de Ciencias Químicas,
Universidad Complutense de Madrid

María Ángeles Arillo y Patricia Martín
Departamento de Didáctica
de las Ciencias Experimentales,
Facultad de Educación,
Universidad Complutense de Madrid

Nomenclatura química inorgánica básica

Por su interés didáctico y formativo, QEI publica este trabajo realizado por expertos en química y educación de la Universidad Complutense de Madrid, que presentan una metodología sencilla para la nomenclatura inorgánica. Esta alternativa simplifica el aprendizaje de la materia y se propone fomentar su uso desde las fases iniciales de estudio. Los autores sugieren que la Real Sociedad Española de Química y la Asociación Nacional de Químicos de España deberían estimular la adopción de una nomenclatura común para la enseñanza secundaria en España.

La nomenclatura no es un tema de estudio ni de debate entre los químicos, que viven y trabajan bastante ajenos a ella y se limitan a utilizar los términos de uso común en su área profesional. En cambio, la nomenclatura llega a ser un contenido tedioso desde las fases iniciales de estudio de la asignatura y, probablemente, su enrevesada presentación en el aula influye en que muchos alumnos no sientan precisamente entusiasmo hacia la propia química.

Por lo que respecta a la nomenclatura inorgánica, las reglas que se aplican en su presentación docente son más bien enigmáticas—comenzando habitualmente por las valencias— y aún más lo son los complicados procedimientos para descifrar la composición de los oxoácidos. Todo esto se remata con rebuscados ejemplos para ilustrar cómo se nombran y formulan los compuestos. En este sentido, un problema añadido es que se citan en un plano de igualdad especies exóticas, e incluso inexistentes, con otras que tienen un interés objetivamente muy superior porque van a ser estudiadas con mayor detenimiento en el desarrollo de la asignatura. Visto lo anterior con cierta perspectiva, se puede concluir que se parte de bases poco comprensibles, el método es inadecuado y se llega a resultados

desalentadores por el mucho tiempo y esfuerzo desperdiciados.

Ante todo, conviene precisar el propio término de *nomenclatura*, definido por la Real Academia Española como “el conjunto de las voces técnicas propias de una facultad”, entendiéndose *facultad* como “ciencia o arte”—según la tercera acepción de la 22ª edición del *Diccionario de la lengua española*— y voz como “palabra o vocablo”. Una observación complementaria es que este término debe incluir *formular*—“representar mediante símbolos químicos la composición de una sustancia o de las sustancias que intervienen en una reacción”— y *nombrar*—“decir el nombre de alguien o algo”. Parece necesaria esta precisión porque, debido a una extendida costumbre, suelen diferenciarse ambos conceptos en epígrafes del tipo “ejercicios de nomenclatura y formulación”, cuando en realidad ambos forman parte del mismo objeto indisoluble de nombrar y formular las especies químicas. Así lo entienden implícitamente la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, en sus siglas en inglés) y sus comisiones especializadas en esta materia. La nomenclatura, pues, debe ser un método de denominación y representación simbólica de las especies químicas en estudio, sin otras pretensiones

—en un nivel básico— que la de informar de su composición.

La nomenclatura química puede asimilarse a un lenguaje. De la misma manera que las palabras forman frases, los nombres de los elementos se asocian para identificar las especies químicas, empleando unas normas de sintaxis. La sintaxis en la formulación incluye el uso de símbolos de elementos, unidos a números que se escriben como subíndices o superíndices y que van acompañados de signos de carga eléctrica.

Parece necesario dominar la nomenclatura, presentándola de manera paulatina e integrada en el contexto de la asignatura; de lo contrario, se reduce a un conjunto de “reglas de ortografía”, más o menos pintorescas, que el estudiante debe aplicar para escribir y leer un “idioma” cuyo significado todavía desconoce. Esto se hace de forma más ordenada en la nomenclatura orgánica introduciendo progresivamente las funciones, pero la presentación de la inorgánica es bastante más caótica. Para demostrarlo bastaría revisar las propuestas de los libros de texto, apuntes o páginas web que tratan del tema. Curiosamente, ese caos metodológico está muy generalizado entre los autores, con independencia de su país de origen. La presente propuesta desarro-



lila un método sistemático que no presupone otros conocimientos previos que los símbolos de los elementos y su posición en la tabla periódica (en lo sucesivo, TP).

Los cientos de miles de químicos de todo el mundo necesitan criterios precisos para formular y nombrar los elementos y compuestos con los que trabajan, así como para prever muchas situaciones que se les plantearán hoy o en un futuro. Pero en este mismo mundo hay también decenas de millones de alumnos de Química que necesitan unas reglas claras y sencillas para entender y aplicar esos criterios. La IUPAC ha propuesto una "gramática" para quienes ya conocen ese idioma —los químicos— que quizás carece de la unidad metodológica que hubiera sido deseable, pero no es este el momento de discutirlo y trataremos de aplicar sus modalidades más sencillas:

1. Como referencia metodológica previa, citemos el concepto de nomenclatura propuesto en 1782 por Louis-Bernard Guyton de Morveau: "Método constante de denominación que ayude a la inteligencia y alivie la memoria".

2. Conviene emplear la máxima uniformidad de criterios de acuerdo con las normas de la IUPAC, aplicando reglas sistemáticas que proporcionen el nombre y la fórmula a una sustancia dada.

3. Para lograr lo anterior, entre las diversas alternativas que ofrece la IUPAC en diferentes contextos seleccionaremos aquella que permita alcanzar mejor los fines del punto 1, respetando lo indicado en el 2.

1. Conceptos básicos

Como conocimientos básicos que son inherentes a la nomenclatura química, recordemos los siguientes.

1.1. Átomos

En el estudio de la química debemos partir de los átomos, dotados de masa y eléctricamente neutros. A efectos de nomenclatura, basta con saber que los átomos constan de tres clases de partículas subatómicas: electrones, que son la unidad física de carga eléctrica negativa; protones, con igual carga que los anteriores pero de signo positivo, y neutrones, sin carga. Estas partículas tienen masa, siendo muy parecida la de los protones y neutrones y considerablemente mayor que la de los electrones. Los átomos, al ser eléctricamente neutros, deben tener igual número de protones y electrones.

Los átomos estables en la naturaleza albergan entre 1 y 92 protones. Unos 80 átomos suscitan mayor interés químico. El número de protones de un átomo dado —número

atómico o Z — es precisamente el criterio que se adopta para ordenarlos en la TP. En cuanto a los neutrones, basta con saber que influyen sobre la masa atómica, que es la suma de las masas de los protones y neutrones; el número total de estos nucleones se denomina número de masa (A). Por consiguiente, cada átomo queda individualizado por su número atómico (Z) y adopta la siguiente representación: A_ZE , donde E es el símbolo químico del elemento. Por ejemplo: 1_1H (protio), 2_1H (deuterio) o 3_1H (tritio). Excepcionalmente, para los dos isótopos más pesados del hidrógeno, el deuterio y el tritio, también se pueden utilizar las iniciales de sus nombres, D y T, respectivamente.

1.2. Elementos y compuestos

La materia está constituida por átomos pero, con la salvedad de los gases nobles —grupo 18—, los átomos se encuentran asociados mediante fuerzas de enlace, dando lugar a las sustancias o especies químicas. Cada sustancia se distingue de las demás por su composición y por su estructura: la composición indica el número y naturaleza de los átomos que integran una especie, mientras que la estructura expresa la distribución de dichos átomos en el espacio. Por lo que respecta a la composición, cabe distinguir entre sustancias formadas por átomos de igual o de diferente número atómico.

Un elemento es una sustancia formada por una misma clase de átomos, esto es, con igual número de protones, y recibe el mismo nombre y símbolo que dichos átomos. Por otra parte, los elementos pueden estar constituidos por un conjunto definido de átomos —moléculas— o por un número indeterminado de estos en estado sólido. A partir del bismuto ($Z = 83$), todos los elementos son radiactivos y, salvo el uranio y en menor medida el torio, no tienen interés en química; en particular, los transuránidos ($Z > 92$) podrían considerarse más bien "elementos físicos" en vez de "químicos", pues no es previsible que ningún químico llegue a manejarlos.

Los compuestos están formados por dos o más átomos diferentes, también asociados por fuerzas de enlace. Cada compuesto se caracteriza por una relación constante de elementos constituyentes —es decir, por una estequiometría definida— y, en el caso de formar moléculas, por contener además un número determinado e invariable de átomos. Los elementos naturales han dado lugar hasta ahora a varios millones de compuestos. Una gran mayoría son orgánicos, lo que sig-

qei

nomenclatura

► nifica que siempre encierran átomos de carbono en sus moléculas; los formados por los elementos restantes —algunos de los cuales también contienen carbono— son los compuestos inorgánicos.

■ 1.3. Masa atómica y masa molar

La masa es una magnitud física fundamental que es preciso utilizar para conocer la cantidad de materia que contiene un sistema. La masa de los elementos se establece mediante dos conceptos de importancia capital en química:

1. La masa atómica (m_a), que significa literalmente la masa de un átomo, reflejada en kilogramos (kg).

2. La masa molar (M), que representa la masa de un mol de sustancia, indicada en kg mol^{-1} . El concepto de masa molar se aplica tanto a especies elementales como a compuestos; en ambos casos es la medida de la masa contenida en un mol de la especie química considerada.

Las masas de los átomos, resultado de la suma de las masas de sus nucleones, son extremadamente pequeñas. En un proceso químico real hay que manejar cantidades enormes de átomos de diferentes elementos, siendo el mol la unidad de la magnitud denominada *cantidad de sustancia de un sistema*. Las masas atómicas de todos los elementos aparecen indicadas en la TP y pueden referirse directamente a la masa en gramos (g) de un mol de átomos; esto es consecuencia de la definición de mol, por la cual un mol de átomos de ^{12}C —o carbono-12— tiene una masa exacta de 12 g. Así, un mol de átomos de hidrógeno tiene una masa de 1,008 g; uno de hierro, 55,845 g, y así sucesivamente. Es decir, las masas molares de los citados átomos son 1,008 g mol^{-1} y 55,845 g mol^{-1} , respectivamente.

Cuando se trate de especies formadas por varios átomos, habrá que considerar la masa de la especie formulada en cada caso. Al ser la masa una magnitud aditiva, la masa de un conjunto de átomos será igual a la suma de las masas de todos sus componentes. Por ejemplo, para la molécula H_2 se tomará el doble de la masa atómica del hidrógeno ($M = 2,016 \text{ g mol}^{-1}$); para el compuesto $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ se sumarán las masas de dos átomos de hierro, tres de azufre y doce de oxígeno ($M = 399,86 \text{ g mol}^{-1}$), etc.

■ 1.4. Tabla periódica de los elementos

La TP es un logro sistematizador esencial para comprender las propiedades de los

elementos. Una persona culta —y, por supuesto, un estudiante de esta materia— deberían conocer el símbolo y el nombre de los elementos importantes. De manera resumida, los conceptos destacables al respecto serían:

a) Se postula el criterio de secuenciación de los elementos por orden creciente de número atómico, que, con pocas excepciones, coincide aproximadamente con la variación creciente de su masa atómica.

b) Se establece la denominación de *grupos* para hablar de las columnas de la TP y de *períodos* para aludir a las filas. Los grupos se numeran de izquierda a derecha desde el 1 hasta el 18 —siendo absolutamente innecesario hacer referencia a la antigua numeración de los grupos como IA, IB, IIA, IIB, etc.—.

c) Se presenta la distinción cualitativa entre metales y no metales. Los primeros presentan ciertas propiedades comunes de las que carecen los segundos. Debería evitarse la denominación antigua de *metaloides* prefiriéndose la de *semimetales* para algunos elementos fronterizos entre unos y otros (B, Ge, Sb, Te...).

■ 1.5. Cationes y aniones

Al igual que los átomos son eléctricamente neutros, también lo son las sustancias químicas. Pero los átomos —tanto aislados como cuando forman parte de una sustancia— pueden ganar o ceder electrones, acción que conlleva una carga eléctrica neta.

Los elementos metálicos son electropositivos, lo que significa que sus átomos tienen tendencia a perder electrones formando *cationes*, es decir, átomos cargados positivamente: Li^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cr^{3+} , etc. El valor de dichas cargas eléctricas se denomina *número de carga*. En los iones monoatómicos, dicho valor se llama *estado de oxidación del elemento*, escribiéndose como *litio(1+)*, *magnesio(2+)*, etc.¹, de forma que se une el nombre al paréntesis, sin dejar espacio entre ellos.

Los elementos más electronegativos —los no metales, que se sitúan en la parte superior derecha de la TP, excluyendo los

del grupo 18—, cuando captan electrones, pueden dar lugar a iones negativos, llamados *aniones*. Véanse los aniones F^- , O^{2-} y N^{3-} , donde los números de carga o estados de oxidación de tales elementos son los indicados.

Por extensión, también son cationes o aniones las especies poliatómicas cargadas eléctricamente.

2. Nomenclatura de elementos

Las fórmulas de los elementos se escriben con el símbolo correspondiente, que, a su vez, va acompañado de un subíndice numérico en los moleculares para especificar el número de átomos que forman la especie. Por ejemplo: Fe, W, Si, H_2 , N_2 , O_3 , P_4 , S_8 . A la hora de nombrarlos se indica el valor del subíndice mediante un prefijo de origen griego —*di*, *tri*, *tetra*, *penta*, *hexa*...—. Así, diremos *hierro*, *wolframio*, *silicio*, *dihidrógeno*, *trioxígeno*, *tetraóxígeno* u *octaazufre*. No será necesario utilizar ningún prefijo si se sobreentiende la composición de la especie —como el nitrógeno molecular— o si puede tratarse de una mezcla de alótropos —caso del azufre ordinario, que se nombraría como tal y se formularía escribiendo S —.

3. Nomenclatura de compuestos

La unión entre átomos es consecuencia de interacciones entre cargas eléctricas: las positivas de los núcleos y las negativas de los electrones. Sobre estas bases se desarrollan las teorías del enlace químico para explicar la naturaleza y estequiometría de los compuestos formados.

Comenzaremos por las especies iónicas binarias y extenderemos su nomenclatura a otros sistemas de naturaleza muy diferente —moleculares, covalentes y metálicos—, a los que se aplican los mismos criterios.

■ 3.1. Compuestos iónicos binarios

Los sólidos iónicos están constituidos por un número indefinido de iones en la proporción necesaria para compensar sus cargas y, tanto la fórmula como el nombre del compuesto, representan la proporción de los iones presentes. Al combinarse elementos electropositivos y electronegativos

¹ Los "números de oxidación", en cambio, se indican mediante números romanos, sin signo cuando son positivos o precedidos del signo menos (-) si son negativos; el *Gold Book* o *Libro de oro* de la IUPAC remite su uso a los átomos centrales de una entidad de coordinación y desaconseja emplear el término *números de Stock*. No obstante, con un criterio bastante impreciso, también se

recomienda utilizar los números romanos en otros compuestos que tienen poco en común con los de coordinación, como en los óxidos mixtos del tipo $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$. Literalmente se dice que "the charge number designates ionic charge, and the oxidation number, designates oxidation state", utilizando distintos números —romanos y arábigos—, lo cual resulta ciertamente complicado.

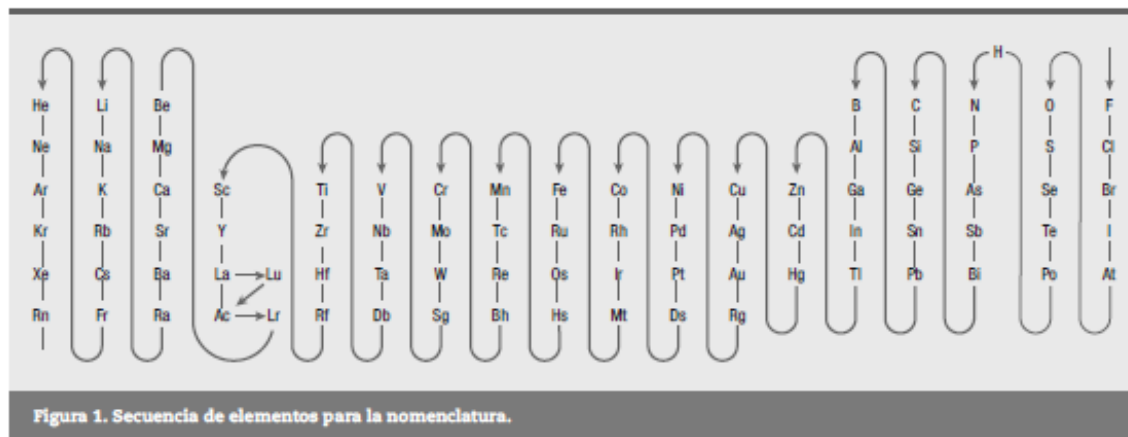


Figura 1. Secuencia de elementos para la nomenclatura.

resultan compuestos como los siguientes: NaF, CaF₂, Na₂O, CaO, Na₂S, CaS...

Cuando se escribe la fórmula de un compuesto iónico, el símbolo del catión se sitúa en primer lugar y va seguido del símbolo del anión; la proporción de iones se denota con el subíndice apropiado, utilizando los números enteros más sencillos. La secuencia de la escritura de los símbolos de los elementos en cualquier compuesto —sea o no iónico— es la indicada en la figura 1.

Las combinaciones con el oxígeno se denominan genéricamente *óxidos* y los compuestos son, simplemente, los *óxidos del metal*²; es el caso del óxido de sodio o del óxido de calcio. El resto de aniones se nombran terminando en *-uro* la raíz del nombre del elemento correspondiente —bien la raíz castellana o bien la de su nombre latino original—: fluoruro, cloruro, sulfuro, etc. Para nombrar los compuestos formados por estos, solo queda añadir el nombre del metal: fluoruro de sodio, sulfuro de calcio...

Extendiendo lo anterior a cualquier otro catión se tendría, por ejemplo: Cr₂O₃ o trióxido de dicromo; dicloruro de hierro o FeCl₂, óxido de diplatino o Ag₂O —no sería necesario especificarlo como *monóxido*—. Añadamos que, en un nivel básico de enseñanza, no habría ninguna objeción sería a que se especificara la proporción de cada elemento en el compuesto, diciendo: *difluoruro de calcio, óxido de disodio, trióxido de dialuminio*...

² No obstante, en español sigue siendo frecuente, y no contradice ninguna norma de la IUPAC, el no usar el genitivo y emplear en su lugar la forma adjetivada terminada en *-ico* para algunos pocos elementos: sodio, potasio, magnesio y calcio.

Recapitulando lo dicho en este apartado y ampliando algunas de las ideas expuestas, podemos resumir:

I. Los compuestos iónicos están formados por cationes y aniones que se ordenan en el espacio, dando lugar a redes cristalinas. Todas las sales —haluros y oxosales— y numerosos óxidos, sulfuros... de metales son compuestos iónicos.

II. El conjunto ha de ser eléctricamente neutro, para lo cual existirá el mismo número de cargas positivas que negativas. Por ejemplo, en el Fe₃O₄ o tetraóxido de trihierro habrá de promedio tres cationes Fe³⁺ por cada cuatro aniones O²⁻, y así sucesivamente.

III. Como el número de iones en la red cristalina es indefinido —depende de la cantidad de muestra que se tome—, la fórmula del compuesto representa simplemente la proporción en que se encuentran; para ello basta con escribir los subíndices enteros más sencillos.

IV. Cuando se hace referencia a la carga de los iones, esta se indica escribiendo el signo correspondiente como superíndice situado a la derecha, de forma que el número siempre preceda al signo, omitiéndose el 1: F⁻, O²⁻, Na⁺, Cr³⁺, etc. Téngase en cuenta que no deben invertirse (O⁻², Fe⁺²) ni tampoco acumularse los signos (S⁻, Al⁺⁺⁺).

3.2. Otros compuestos binarios

Lo anterior sirve de base para nombrar cualquier compuesto inorgánico binario, con independencia de su carácter más o menos iónico. En general, cuando esté presente el oxígeno, diremos *óxido de...*, excepto si está unido a algún halógeno. En las demás situaciones, serán derivados del elemento más electronegativo, el cual terminará su nom-

bre en el sufijo *-uro*. En todo caso, se incluirán los prefijos numéricos que correspondan. Salvo que pueda producirse alguna ambigüedad, el prefijo *mono* se omitirá al quedar sobreentendido:

- OF₂: difluoruro de oxígeno.
- SO₂: trióxido de azufre.
- P₄O₆: hexaóxido de tetrafósforo.
- N₂O₄: tetraóxido de dinitrógeno.
- CCl₄: tetracloruro de carbono.
- S₂Cl₂: dicloruro de disulfuro.

Obsérvese que hay ejemplos en los que no se han simplificado las fórmulas, como P₄O₆, N₂O₄ y S₂Cl₂. Ello recalca que, en los compuestos moleculares, la fórmula representa exactamente el número y la clase de átomos que la integran. Subsiste, sin embargo, la costumbre de designar al P₄O₁₀ como *pentóxido de fósforo* y al P₄O₆ como *trioxido de fósforo*, aunque las composiciones reales de ambas moléculas son las indicadas.

En la secuencia de elementos de la IUPAC, a estos efectos de nomenclatura, el hidrógeno (H) está insertado entre el polonio (Po) y el nitrógeno (N) (véase la figura 1). Por tanto, la combinación del hidrógeno con otro elemento que le sigue será un *hidruro* de ese elemento, mientras que los compuestos que forme con los que le preceden se nombrarán como *-uro de hidrógeno*, cambiando igualmente la posición del hidrógeno en la fórmula, de acuerdo con lo ya establecido:

- NaH: hidruro de sodio.
- CaH₂: dihidruro de calcio.
- HCl: cloruro de hidrógeno.
- H₂S: sulfuro de dihidrógeno.

La antigua terminología de *ácidos hidrácidos*, que se limita a unos pocos compuestos de no metales, como los recién citados HCl y H₂S, resulta inapropiada en términos ▶

► de nomenclatura. Esa denominación hace referencia a una propiedad de las disoluciones acuosas de esos compuestos, cuya concentración es variable; así, el *ácido clorhídrico* es un término genérico que no corresponde a un compuesto químico de composición definida.

Entre los compuestos hidrogenados de los no metales hay algunos que tienen nombres especiales: H_2O , *agua*; NH_3 , *amoníaco*, y CH_4 , *metano*. Según la nomenclatura de sustitución o reemplazo de la IUPAC, los nombres sistemáticos del agua y del amoníaco son *oxano* y *azano*, respectivamente; de ellos derivan los nombres correspondientes a sus cationes H_3O^+ y NH_4^+ , *oxidanio* y *azanio*, más conocidos como *oxonio* y *amonio*, que también son correctos. Debe evitarse cualquier otra alternativa para el catión H_3O^+ , como la de *hidronio*.

Por tanto, para nombrar los compuestos binarios no es preciso abordar la distinta naturaleza molecular o iónica, sino que basta con tener en cuenta el criterio de electronegatividad. De este modo puede continuarse indefinidamente con otros casos, como:

- GaAs: arseniuro de galio.
- CaS: sulfuro de calcio.
- BN: nitruro de boro.
- CS_2 : disulfuro de carbono.
- WC: carburo de (v) wolframio.
- Ag_2Se : selenuro de diplatá.

Aunque para la nomenclatura resulte indiferente la naturaleza de la especie considerada, puede añadirse que, en general, son moleculares aquellos compuestos formados por hidrógeno, oxígeno y halógenos con los restantes elementos no metálicos o semimetálicos—ubicados en la parte superior derecha de la TP—. En cambio, las combinaciones de los más electronegativos con los metales forman compuestos sólidos, muchos de ellos predominantemente iónicos. Tampoco son moleculares otros compuestos formados por combinación de elementos de electronegatividad intermedia o baja—como BN, GaAs, WC, etc.—, que se consideran sólidos covalentes.

Mediante la fusión de dos o más metales en diferentes proporciones se pueden formar fases intermetálicas de estequiometría definida, o cuya composición varía dentro de ciertos límites, y que se conocen con el nombre genérico de *aleaciones*. Estos sólidos tienen mucho interés tecnológico. Merecen citarse las aleaciones de latones (Zn-Cu, zinc y cobre), las de bronce (Sn-Cu,

estaño y cobre) y las formadas por oro y cobre (Au-Cu), que son muy empleadas en joyería. Finalmente, reciben el nombre específico de *amalgamas* las aleaciones del mercurio (Hg) con otros metales. Su formulación es muy simple, ya que se escriben los símbolos de los elementos constituyentes—preferentemente por orden alfabético— y se incorporan los subíndices apropiados:

- AuCu, AuCu₃.
- CuZn, Cu₅Zn₈, CuZn₃ (latones).
- Cu₅Sn, Cu₃₁Sn₈, Cu₃Sn (bronces).

Al nombrarlos, se suele leer literalmente la fórmula. Por ejemplo, para referirnos al bronce Cu₃₁Sn₈ diríamos *cobre treinta y uno, estaño ocho*. No obstante, la IUPAC recomienda expresarlos como los restantes compuestos binarios, es decir, añadiendo el sufijo *-uro* al elemento que aparezca primero en la figura 1, de forma que el latón Cu₅Zn₈ se nombraría *octazincuro de pentacobre*.

■ 3.3. Compuestos formados por más de dos elementos

En este punto se incluyen solo los compuestos formados por dos o más no metales que no forman especies poliatómicas aniónicas—como los oxoaniones y relacionados—unidos a otro elemento. En los casos más habituales tienen tres no metales, donde uno de ellos es el átomo central de una especie molecular y los otros dos se encuentran unidos a él como sustituyentes. A primera vista no parece evidente cuál es el átomo central de una especie poliatómica, pero casi sin excepción es el posterior en la secuencia de la tabla 1, si bien el hidrógeno (H) siempre es sustituyente. El compuesto se considera derivado de los sustituyentes terminados en *-uro*, o de óxido o hidróxido, del átomo central, separándose sus nombres por un espacio:

- SCl₃F: fluoruro tricloruro de azufre.
- SCl₂O₂: dicloruro dióxido de azufre.
- PCl₃O: tricloruro óxido de fósforo.
- FeOCl: cloruro óxido de hierro.

Cuando hay dos metales en el compuesto, estos se separan con la conjunción *y*, además de nombrarse por orden alfabético:

- KMgCl₃: tricloruro de magnesio y potasio.

Anteriormente se mencionaron dos cationes poliatómicos, H_3O^+ y NH_4^+ , que forman sales con distintos aniones. Ambos se consideran entidades con nombre propio, como:

— NH_4Cl : cloruro de amonio.

Un anión diatómico muy importante es el hidróxido, OH^- , que está presente como tal en compuestos iónicos con elementos metálicos. El grupo O-H sin carga tiene un electrón sin compartir sobre el oxígeno, $HO\cdot$; esta especie es un radical y se denomina *hidroxilo*—no deben confundirse el anión y el radical, ni tampoco sus respectivos nombres—. Genéricamente, reciben el nombre de *hidróxidos*³ los compuestos formados por cationes metálicos y aniones hidróxido. Se formulan de acuerdo con los criterios antes indicados: manteniendo el grupo OH como una entidad afectada por posibles subíndices. Y se nombran como hidróxido del metal con los prefijos multiplicativos que correspondan. A continuación, varios ejemplos representativos:

- NaOH: hidróxido de sodio.
- $Ba(OH)_2$: (di)hidróxido de bario.
- $Al(OH)_3$: (tri)hidróxido de aluminio.

Finalmente, otros dos aniones diatómicos de interés son el cianuro, CN^- , y el dióxido(2-) o peróxido, O_2^{2-} :

- NaCN: cianuro de sodio.
- CaO_2 : peróxido de calcio.
- H_2O_2 : peróxido de hidrógeno (conocido por agua oxigenada).

■ 3.4. Oxoácidos, oxosales y especies relacionadas

Los elementos no metálicos forman numerosas especies del tipo $EO_x(OH)_y$. Se trata de especies moleculares en las que el átomo central se une a oxígenos, de los cuales uno, varios o todos ellos están unidos a su vez a hidrógenos. Otra característica es que los hidrógenos de estas especies presentan carácter ácido en disolución acuosa y, por ello, reciben el nombre de *oxoácidos*—término que sustituye al obsoleto de *oxácidos*—. Al respecto, la IUPAC dice en su *Compendio de terminología química*, más conocido como su *Gold Book* o *Libro de oro*: "Oxoacids is a traditional name for any acid having oxygen in the acidic group. The term oxoacid now refers to a compound which contains oxygen, at least one other element, and at least one hydrogen bound to oxygen, and which produces a conjugate base by loss of positive hydrogen ion(s)".

³ Obsérvese que la terminación inglesa *-ide*—por ejemplo, *chloride*, *hydride*, etc.—se transforma en la española *-uro*, haciendo referencia ambos sufijos a especies aniónicas. En cambio, se ha mantenido para *óxido* o *hidroxido* la traducción de *óxido* e *hidróxido*, que conservan esa misma connotación aniónica.

Tabla 1. Nomenclatura de oxoácidos y oxoaniones derivados

Fórmulas y nombres aceptables	Fórmulas y nombres sistemáticos
H ₃ BO ₃ : ácido bórico	[B(OH) ₃]: trihidroxidoboro
H ₂ BO ₃ ⁻ : anión dihidrogenoborato	[BO(OH) ₂]: anión dihidroxidodioxidoborato(1-)
[BO ₃] ³⁻ : anión borato	anión trioxidoborato(3-)
H ₂ CO ₃ : ácido carbónico	[CO(OH) ₂]: dihidroxidodioxidocarbono
HCO ₃ ⁻ : anión hidrogenocarbonato	[CO ₂ (OH)]: anión hidroxidodioxidocarbonato(1-)
[CO ₃] ²⁻ : anión carbonato	anión trioxidocarbonato(2-)
HNO ₃ : ácido nítrico	[NO ₂ (OH)]: hidroxidodioxidonitrógeno
[NO ₃] ⁻ : anión nitrato	anión trioxidonitrato(1-)
HNO ₂ : ácido nitroso	[NO(OH)]: hidroxidodioxidonitrógeno
[NO ₂] ⁻ : anión nitrito	anión dioxidonitrato(1-)
H ₃ PO ₄ : ácido fosfórico	[PO(OH) ₃]: trihidroxidodioxidofosforo
H ₂ PO ₄ ⁻ : anión dihidrogenofosfato	[PO ₂ (OH) ₂]: anión dihidroxidodioxidofosfato(1-)
[PO ₄] ³⁻ : anión fosfato	anión tetraoxidofosfato(3-)
H ₃ PO ₃ : ácido fosforoso	[P(OH) ₃]: trihidroxidofosforo
H ₂ PO ₃ ⁻ : anión dihidrogenofosfito	[P(OH) ₂]: anión dihidroxidodioxidofosfato(1-)
[PO ₃] ³⁻ : anión fosfito	anión trioxidofosfato(3-)
H ₂ SO ₄ : ácido sulfúrico	[SO ₂ (OH) ₂]: dihidroxidodioxidoazufre
HSO ₄ ⁻ : anión hidrogenosulfato	[SO ₃ (OH)]: anión hidroxidotrioxidosulfato(1-)
[SO ₄] ²⁻ : anión sulfato	tetraoxidosulfato(2-)
H ₂ SO ₃ : ácido sulfuroso	[SO(OH) ₂]: dihidroxidodioxidoazufre
HSO ₃ ⁻ : anión hidrogenosulfito	[SO ₂ (OH)]: anión hidroxidodioxidosulfato(1-)
[SO ₃] ²⁻ : anión sulfito	anión trioxidosulfato(2-)
HClO ₄ : ácido perclórico	[ClO ₃ (OH)]: hidroxidotrioxidocloro
[ClO ₄] ⁻ : anión perclorato	anión tetraoxidoclorato(1-)
HClO ₃ : ácido clórico	[ClO ₂ (OH)]: hidroxidodioxidocloro
[ClO ₃] ⁻ : anión clorato	anión trioxidoclorato(1-)
HClO ₂ : ácido cloroso	[ClO(OH)]: hidroxidodioxidocloro
[ClO ₂] ⁻ : anión clorito	anión dioxidoclorato(1-)
HClO = [O(H)Cl]: ácido hipocloroso	[chlorohydroxyoxygen, en inglés]
[OCl] ⁻ : anión hipoclorito	[chlorooxygenate(1-), en inglés]

(hydrons). E.g. P(OH)₃, RC(=O)OH, HOSOH, HOCl, HON=O, (HO)₂SO₂, RP(=O)(OH)₂⁺. En la referencia se cita el P(OH)₃, conocido actualmente con el nombre no sistemático de *ácido fosforoso*—especie predominante en el equilibrio tautomérico con su isómero, PHO(OH)₂, o *ácido fosfónico*—. Asimismo, son curiosas las fórmulas del HOCl, del (HO)₂SO₂ y del enigmático HOSOH.

En general, los oxoácidos se formularían escribiendo el átomo central en primer lugar y a continuación los sustituyentes, O y OH. La escritura tradicional que antepone los hidrógenos al elemento central en los oxoácidos, como HNO₃ en lugar de NO₂(OH), carece ya de sentido, si bien se mantiene por razones históricas. Sus nombres sistemáticos evitan hacer referencia al carácter “ácido” de estos compuestos, que resulta superfluo, y resaltan su composición y su estructura molecular. No obstante, los nombres tradicionales de

los oxoácidos (*ácido sulfúrico*, *ácido perclórico*, *ácido bórico*, etc.) siguen teniendo plena vigencia.

La llamada nomenclatura de adición considera la especie como una entidad de coordinación y resulta apropiada para nombrar los oxoácidos, introduciendo sutiles variantes a lo establecido anteriormente. Por ejemplo, el tradicional ácido fosfórico, PO(OH)₃, se nombra *trihidroxidodioxidofosforo*, en una sola palabra. En la nomenclatura de adición, pues, el átomo central de la especie se escribe en primer lugar y su nombre aparece al final, manteniendo su terminación si la especie es neutra o catiónica pero añadiendo el sufijo *-ato* si es aniónica. Algunos ejemplos serían:

- [SO(OH)₃]⁺: catión trihidroxidodioxidoazufre(1+).
- [SO₂(OH)₂]: dihidroxidodioxidoazufre.
- [SO₃(OH)]: anión hidroxidotrioxidosulfato(1-).

Otra variante respecto a la anterior nomenclatura composicional es que cambia la terminación en inglés de los sustituyentes —ligandos— de *-ide* a *-ido*—circunstancia que, en la lengua española, pasa desapercibida en los sustituyentes *ácido* e *hidróxido*—. Véase:

— Si(OH)₄: tetrahidroxidosilicon (tetrahidroxidosilicio).

Sin embargo, esta nomenclatura sistemática no se ha consolidado todavía en las aulas y predomina la tradicional, inadecuada desde el punto de vista de la constitución molecular, en la cual se escriben primero los hidrógenos y después el resto, como se aprecia en las fórmulas y nombres que aparecen a la derecha en los dos ejemplos siguientes:

— [SO₂(OH)₂]: dihidroxidodioxidoazufre = H₂SO₄: ácido sulfúrico.

— [SO₃(OH)]: anión hidroxidotrioxidosulfato(1-) = HSO₄⁻: anión hidrogenosulfato(1-).

La tabla 1 recoge los oxoácidos más importantes y sus oxoaniones, indicándose entre corchetes la fórmula y el nombre según la nomenclatura de adición. El calificativo de *más importantes* se refiere a que cualquiera de ellos puede aparecer en un texto de química general y que es improbable que en ese contexto se mencionen otros no citados. Los sustituyentes se nombran en orden alfabético. En la formulación de los oxoaniones, sin hidrógenos, caso de [BO₃]³⁻, se han mantenido los corchetes, pues, si bien son superfluos, así aparecen en el *Red Book* o *Libro rojo* de la IUPAC, *Nomenclatura de química inorgánica*.

Parece claro que este método permite formular y nombrar cualquier oxoderivado, quizás con la excepción de los dos últimos de la tabla, el ácido hipocloroso y el anión hipoclorito, que la IUPAC escribe y nombra de la forma que se ha reproducido. El organismo internacional recomienda dar prioridad a los halógenos sobre el oxígeno en compuestos binarios. Así, el O₂Cl es cloruro de dioxígeno, en lugar de dióxido de cloro—ClO₂—; pero ni el oxoácido—Cl(OH)—ni las sales derivadas—como NaClO—son compuestos binarios. Por tanto, parecería más coherente mantener un criterio uniforme y designarlos *hidroxidocloro* y *oxidoclorato de sodio*, respectivamente. Aparte de estas digresiones, la metodología resulta coherente.

Otros oxocompuestos aniónicos de interés en los cursos de química básica son los

qei

nomenclatura



Los autores proponen priorizar la nomenclatura de los compuestos y los elementos.

► oxometalatos siguientes, a los que se les aplica la misma sistemática:

- MnO_4^- : tetraoxidomanganato(1-).
- MnO_4^{2-} : tetraoxidomanganato(2-).
- CrO_4^{2-} : tetraoxidocromato(2-).
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$: heptaoxidodicromato(2-).

A pesar de la indudable utilidad que tiene esta nomenclatura en los compuestos de coordinación, es cierto que resulta algo incoherente postular, en un nivel básico de la enseñanza de la química, que en unos casos los nombres de los sustituyentes se separan del nombre del átomo central por la preposición *de*—como sucede en $\text{AlO}(\text{OH})$: hidroxidoóxido de aluminio—y, en cambio, se yuxtaponen todos ellos en una única palabra—caso de $\text{ClO}(\text{OH})$: hidroxidoóxido de cloro—. Pero también es verdad que esta incoherencia afecta a un número limitado de especies; una opción que podría ser de utilidad consistiría en no dar demasiada importancia a dicha preposición cuando llegue el momento de explicar este punto.

Y es que el planteamiento clásico, al enseñar la nomenclatura de estos compues-

tos, hace que sea aún peor el remedio que la enfermedad. Se suele abordar partiendo de los antiguos *anhídridos*—término obsoleto para sus óxidos binarios—, escribiendo después unas reacciones con agua y simplificando las fórmulas resultantes, lo que ofrece nuevas complicaciones que se añaden a las intrínsecas. La base de este proceso es escribir las fórmulas de esos anhídridos a partir de las valencias de los elementos, enunciadas adomáticamente; después, se suma cierto número de moléculas de agua, que se refleja en el prefijo del ácido (*meta*, *piro*, *orto*). Este método suscita tres breves críticas:

I) Los anhídridos, de partida, pueden no tener existencia real.

II) Las reacciones con agua no siempre se producen y, cuando ocurren, no conducen necesariamente a los oxoácidos que se postulan.

III) En varios casos, los oxoácidos formulados al final son especies químicas desconocidas hasta la fecha.

Por consiguiente, este método tradicional es puramente especulativo⁴ y tiene más

connotaciones de ciencia ficción que de química. El resultado es que, en los libros de nomenclatura, se presentan ejemplos ilustrativos como ácido ortohipofosfórico, ácido metaarsénico, ácido arsenoso, ácido metasilícico, ácido dicrómico, ácido piroantimónico, ácido pirovanádico, etc., cuyo interés químico y didáctico es ciertamente discutible. Al respecto cabría preguntarse cuántos estudiantes que hayan superado un curso de Química Inorgánica, e incluso terminado sus estudios de la carrera de Química, sabrían responder a esas cuestiones. En consecuencia, parece más realista y formativo partir de otros supuestos que permitan formular y nombrar los

⁴ Como ejemplos, referidos a los halógenos: Cl_2O y Cl_2O_3 , que son fuertemente explosivos; el Cl_2O_5 no se conoce, y el ClO_2 —que no se cita nunca—es quizás el más importante de todos por su producción industrial. Solo C_2O_2 y Cl_2O_7 producen los oxoácidos en agua. De los restantes “anhídridos”, los únicos descritos son Br_2O y I_2O_5 . No se conocen HBrO_2 ni HIO_2 y varios más se han identificado únicamente en disolución acuosa. Colofoón: el ácido perbromico y los perbromatos se obtuvieron por reacciones nucleares de selenatos, mediante emisión α .

oxoácidos existentes. Como ejemplos, los del cloro como elemento más representativo de su grupo y, probablemente, el único que merece mencionarse: $\text{Cl}(\text{OH})$, $\text{ClO}(\text{OH})$, $\text{ClO}_2(\text{OH})$ y $\text{ClO}_3(\text{OH})$.

Esta formulación, que sería conveniente retener incluyendo los paréntesis para resaltar la presencia de los grupos OH, trata de mostrar tres aspectos importantes:

I) Es representativa de la constitución molecular. El Cl es el átomo central y se escribe en primer lugar; a él se une el oxígeno u oxígenos y/o un grupo OH. Este hidrógeno puede ionizarse en medio acuoso, dando lugar a los correspondientes oxoaniones de los que derivan las oxosales.

II) Deja constancia de que no son equivalentes todos los átomos de oxígeno en estas moléculas —excepto, obviamente, en el ClOH —.

III) Marca la diferencia —que no es trivial— entre estas especies moleculares y las de las oxosales —iónicas—: NaClO , NaClO_2 , NaClO_3 y NaClO_4 , donde todos los oxígenos sí son equivalentes. Cuando se dice que “el catión sodio sustituye al hidrógeno del oxoácido”, muchos estudiantes lo interpretan literalmente y suponen que el sodio pasa a compartir un par de electrones con un oxígeno, lo cual es notoriamente incierto.

Los oxoácidos en agua dan lugar a reacciones de ionización de los átomos de hidrógeno unidos a los oxígenos, formando los correspondientes oxoaniones, junto con hidrones —los protones son exclusivamente los núcleos de $^1\text{H}^+$ —. Las especies H^+ y H_3O^+ reciben el nombre genérico de *hidrón* cuando están asociadas a un número indeterminado de moléculas de agua en disolución acuosa; para precisar esta cualidad se agrega (*ac*) o (*aq*), quedando $\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$. Se denomina *oxonio* —representado también por H_3O^+ — al catión que existe como tal en ciertos compuestos iónicos, caso de $(\text{H}_3\text{O})\text{ClO}_4$ —perclorato de oxonio, de constitución: $\text{H}_3\text{O}^+\text{ClO}_4^-$ —.

Finalmente, en los oxoaniones, todos los sustituyentes óxido son equivalentes. La carga negativa del anión se distribuye entre los oxígenos y se compensa con los cationes de las oxosales. Estas últimas se nombran añadiendo el sufijo *-ato* al elemento central y acompañándolo de dichos cationes por orden alfabético. Por ejemplo:

- NaClO_2 : dioxidoclorato de sodio.
- LiFePO_4 : tetraoxidofosfato de hierro y litio.
- Li_2MnO_4 : tetraoxidomanganato de (di)litio.

En esta nomenclatura de adición simplemente se especifica la composición de la especie química, no su constitución. Con relación a la estructura, el LiFePO_4 es propiamente una oxosal, ya que los aniones fosfato tetraédricos $[\text{PO}_4]$ están presentes como tales en la estructura del sólido. En cambio, el Li_2MnO_4 es un óxido mixto donde la coordinación del manganeso es octaédrica, no pudiendo diferenciarse entidades aisladas — $[\text{MnO}_6]$ —. Por ello, al no tratarse de una oxosal, sería más adecuado decir *tetraóxido de manganeso y (di)litio*. Pero estas precisiones no son relevantes en una presentación básica de la nomenclatura.

4. Anotación complementaria

Sin otorgarle el protagonismo que han venido teniendo en la llamada Nomenclatura de Stock —que no es una alternativa reconocida por la IUPAC—, puede mencionarse el uso de números romanos para indicar los estados de oxidación formales de los elementos en un compuesto, como: $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$. Recuérdese, no obstante, la recomendación de escribir los estados de oxidación con números arábigos. Véase, por ejemplo, -2, 0,

+4 y +6 para el azufre, en H_2S , S_8 , SO_2 y SO_3 , respectivamente. El concepto y el uso de los estados de oxidación merecen una consideración detallada y se expondrán en un próximo trabajo.

5. Corolario

Por el indudable interés que tiene en muchos ámbitos educativos en España, sería muy necesario que la Real Sociedad Española de Química y la Asociación Nacional de Químicos de España se plantearan proponer a las autoridades competentes la unificación de los criterios de la nomenclatura química en la enseñanza secundaria. Se hace particularmente indispensable en las pruebas de acceso a la universidad de todo el país y también en las olimpiadas de química, incluidas las iberoamericanas.

6. Bibliografía

Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005, Neil G. Connolly y Ture Damhus Senior Eds., RSC Publishing (*Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007). qei

MEDICIÓN Y CONTROL PARA LA INDUSTRIA Y EL MEDIO AMBIENTE

Nivel radar

Caudalímetro Coriolis

Lana Sarrate
Tel. 93 280 01 01 - www.lanasarrate.es

NIVEL CAUDAL PRESIÓN TEMPERATURA
ANÁLISIS TELEPRESENCIA DETECCIÓN DE FUGAS

<<http://tremedica.org/panacea.html>>

Tribuna

Breve historia de la traducción del Libro rojo de 2005 de la IUPAC

Miguel Ángel Ciriano* y Pascual Román Polo**

Resumen: La traducción, edición y publicación del libro *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC 2005 (Libro rojo de 2005)* en español se realizó en tan sólo veinte meses tras la aparición de la versión original a finales de noviembre de 2005; fue la primera versión en lengua no inglesa que se publicó en el mundo. Para su traducción se utilizaron varios criterios lingüísticos —tales como respetar, hasta donde fuera posible, el DRAE, los diccionarios de la RACEFYN y el *Libro rojo* de 1990 de la IUPAC, traducido por Bertello y Pico Marín en 2001— y un meticuloso plan de trabajo para evitar errores y abaratar los costes de edición. Hubo que vencer dificultades hasta lograr la traducción más apropiada de términos ingleses inexistentes en español y adaptar otros para su introducción en el castellano. Una vez finalizada la obra, fue revisada por expertos químicos españoles para unificar los términos más dudosos. Se acordó que la palabra inglesa *tungsten* se traduciría únicamente por wolframio para homenajear a los verdaderos descubridores de este elemento: los hermanos Juan José y Fausto Delhuyar.

Palabras clave: nomenclatura, química inorgánica, recomendaciones, IUPAC, 2005.

Brief history of the IUPAC Red Book 2005 translation

Abstract: The translation, editing and publishing of the book *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005 (Red Book 2005)* into Spanish was accomplished in only twenty months after the appearance of the original version in late November 2005, and it was the first non-English language version published in the world. For this purpose, several linguistic criteria were used as far as possible, such as to have a respect for the DRAE, the dictionaries of RACEFYN, and the IUPAC Red Book 1990, translated by Bertello and Pico Marín in 2001. In addition, a meticulous plan of work to avoid errors and lowering costs of editing was followed. Translators had to overcome some difficulties to achieve the most appropriate translation of nonexistent British terms into Spanish and to adapt others to be embedded into Spanish language. Once the work was accomplished, it was reviewed by Spanish chemical experts to unify the use of the more dubious terms. It was agreed that the English word *tungsten* should only be translated as *wolframio*, to pay homage to the true discoverers of this element: the brothers Juan José and Fausto Delhuyar.

Key words: nomenclature, Inorganic Chemistry, recommendations, IUPAC, 2005.

Panace@ 2008, IX (28): 171-176

Introducción

El jurado de la XI edición de los Premios Nacionales de Edición Universitaria, que convoca anualmente la UNE (Unión de Editoriales Universitarias Españolas), en su reunión celebrada el 17 de julio de 2008 en Madrid, concedió el Premio a la Mejor Traducción a Pressas Universitarias de Zaragoza (PUZ) por la obra *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*, traducida por Miguel Ángel Ciriano y Pascual Román Polo. Los autores de la traducción, acompañados de Antonio Pérez Lasheras, director de PUZ, recogieron tan preciado galardón el 8 de octubre de 2008, en el marco del Liber 2008, la Feria Internacional del Libro, que se celebró en esta edición en Barcelona.

La obra se presentó a la comunidad universitaria, investigadores y socios de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry,

IUPAC) el día 16 de octubre de 2007. El acto estuvo presidido por Luis A. Oro, presidente del Comité Español de la IUPAC y promotor de la publicación del libro. También, asistieron al acto Nazario Martín, presidente de la RSEQ; Pilar Goya, secretaria del Comité Español de la IUPAC y vicepresidenta de la RSEQ; Alicia Gómez-Navarro, directora de la Residencia de Estudiantes, y numerosos profesores e investigadores del CSIC y de universidades españolas.

En realidad, la historia había comenzado mucho antes, cuando los autores de la versión inglesa subieron al servidor de la IUPAC (<<http://old.iupac.org/>>) el borrador del libro *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005 (the Red Book)* para su exposición pública.⁴ Antes de su publicación, Pilar Goya y Pascual Román se dirigieron a los autores para reivindicar el nombre *wolfram* junto con el de *tungsten* para el elemento de número atómico 74, como había sido habitual en ediciones anteriores y, de este modo, hacer

* Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, CSIC, Universidad de Zaragoza (España). Dirección para correspondencia: mciriano@unizar.es.

** Universidad del País Vasco, Bilbao (España).

justicia a sus ilustres descubridores, los científicos riojanos hermanos Juan José y Fausto Delbuiar, que lo aislaron en Vergara (Guipúzcoa) en 1783 y le dieron el nombre de wolfram. Esta reivindicación apareció publicada en la sección «Up for Discussion» de la revista *International Chemistry* de la IUPAC en el número de julio-agosto de 2005, acompañada de la respuesta del profesor Ture Damhus, uno de los coeditores de la obra.^{1,2} En su contestación, Damhus decía que solo puede haber un nombre para cada elemento, y este es *tungsteno* en inglés, aunque la IUPAC permite el uso de *wolfram* o una voz derivada en otras lenguas. En marzo de 2006, Román, para contrarrestar la divulgación y evitar el uso del nombre *tungsteno* en castellano, publicó el artículo «El verdadero nombre del metal *tungsten* es: wolframio» en la revista *Apuntes de Ciencia y Tecnología*.³

En septiembre de 2005, Luis A. Oro, a la sazón presidente de la RSEQ y del comité español de la IUPAC, se dirigió a Ciriano y Román para sugerirles y encomendarles la traducción de la obra. El objetivo era el uso coherente y uniforme de los términos empleados en química y su adaptación lo antes posible al español, idea motriz que observaron los traductores una vez aceptado el compromiso con el profesor Oro.

Para contrastar la calidad de la traducción, una vez finalizada la traducción y adaptada al español, debía ser enviada para su última revisión a reconocidos químicos e investigadores españoles en el área de la química inorgánica y a las Sociedades Químicas de Argentina, Chile, España y Puerto Rico.

La IUPAC y el Libro rojo de 2005

La IUPAC es una organización científica internacional no gubernamental y sin ánimo de lucro, fundada en 1919 por químicos de la industria y del mundo académico para el avance y progreso de las ciencias químicas y para contribuir a la aplicación de la química al servicio de la humanidad. Los fundadores reconocieron la necesidad de establecer estándares globales en la simbología y los protocolos operacionales de la química.⁴ Es la máxima autoridad mundial reconocida para la toma de decisiones sobre nomenclatura química, terminología, métodos estandarizados de medida, pesos atómicos y muchos otros datos considerados de fundamental importancia. A través de su Comité Interdivisional de Nomenclatura y Símbolos (Nomenclatura de la IUPAC) establece las normas sobre estas materias. Es miembro del Consejo Internacional para la Ciencia (International Council for Science, ICSU).

En la actualidad, están presentes en ella todos los países interesados (51 organizaciones nacionales adheridas; las de otros 18 países están vinculados a la IUPAC en calidad de organizaciones nacionales asociadas). Más de 1400 científicos voluntarios de todo el mundo, comprometidos con los proyectos de esta organización, desarrollan su trabajo a través de proyectos que se encuadran en ocho divisiones y diferentes comités. La División VIII, Nomenclatura Química y Representación Estructural, es la encargada de velar por la pureza de la nomenclatura y la terminología de los compuestos químicos. La IUPAC patrocina las principales reuniones internacionales (65 en el último bienio), desde simposios científicos

especializados hasta conferencias sobre química aplicada a las necesidades del mundo. Los años impares se celebra el Biennial IUPAC Congress and General Assembly; el último tuvo lugar en Turin (Italia, 2007), y los próximos tendrán lugar en Glasgow (Escocia, 2009) y Puerto Rico (2011).

Durante casi nueve décadas, la IUPAC ha tenido un gran éxito en la creación y desarrollo de las comunicaciones mundiales en ciencias químicas y en el intento de unir a los químicos académicos con los de la industria y los servicios en un idioma común. Entre otras actividades, publica revistas científicas, como *Chemistry International*, *Pure and Applied Chemistry* y *Macromolecular Symposia*, libros, informes técnicos y recomendaciones, y materiales en Internet (recursos educativos, bases de datos...).⁵ Entre los libros publicados por la IUPAC, destacan los dedicados a nomenclatura química, magnitudes, unidades y símbolos, que se recogen en el cuadro 1.⁶ Estas obras se caracterizan por el color de sus portadas y contraportadas, que identifican visualmente el área de la química que tratan. Así, el color naranja está relacionado con la nomenclatura de la química analítica; el azul, con la química orgánica; el oro, con la terminología química y las definiciones; el verde, con las magnitudes, unidades y símbolos empleados en química física; el rojo, con la química inorgánica; el púrpura, con la nomenclatura de las macromoléculas; el blanco, con la bioquímica, y el color plata identifica la nomenclatura de las ciencias clínicas de laboratorio. De este modo tan sencillo, se establece la relación entre un área de la química y el color correspondiente. Lo único que varía es el contenido, el año de edición y los autores; por ejemplo, el *Libro rojo* de la IUPAC 2005 ha sido coeditado por Connelly, Damhus, Hartshorn y Hutton. Su traducción al español, la primera que se llevó a cabo en el mundo, se publicó tan solo veinte meses después de la aparición de la versión original inglesa. En la figura 1 se muestran las portadas de la obra original y la versión española.



Figura 1. Portadas del Libro rojo de 2005 en versión española y original

Breve historia de la traducción del Libro rojo de 2005

La traducción al español comenzó en octubre de 2005, antes de la publicación de la versión original inglesa del *Libro rojo* de 2005. Inicialmente, se trabajó con los materiales que sus au-

<<http://tremedica.org/panacea.html>>

Tribuna

Cuadro 1. Libros de la IUPAC dedicados a la nomenclatura química, magnitudes, unidades y símbolos

Año	Título
1978	Compendium of Analytical Nomenclature - The Orange Book, 1st edition
1979	Nomenclature of Organic Chemistry - The Blue Book
1987	Compendium of Analytical Nomenclature (definitive rules 1987) - The Orange Book, 2nd edition Compendium of Chemical Terminology - The Gold Book, 1st edition
1988	Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry, Terminology - The Green Book, 1st edition
1989	A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds
1990	Nomenclature of Inorganic Chemistry (recommendations 1990) - The Red Book ⁽⁴⁾
1991	Compendium of Macromolecular Nomenclature, 1st edition - The Purple Book
1992	Biochemical Nomenclature and Related Documents - The White Book
1993	A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds (recommendations 1993) - A guide to the Blue Book. Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry - The Green Book, 2nd edition
1995	Compendium of Terminology and Nomenclature of Properties in Clinical Laboratory Sciences - The Silver Book
1997	Compendium of Chemical Terminology - The Gold Book, 2nd edition Nomenclatura de química inorgánica: recomendaciones de 1990
1998	Compendium of Analytical Nomenclature (definitive rules 1997) - The Orange Book, 3rd edition Principles of Chemical Nomenclature: a Guide to IUPAC Recommendations
1999	Compendium de terminologie chimique
2000	A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds Magnitudes, Unidades y Símbolos en Química Física, segunda edición Nomenclature of Inorganic Chemistry II. Recommendations 2000
2001	Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de 1990 ⁽⁵⁾ Nomenclature of Inorganic Chemistry II. Recommendations 2000
2002	A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds
2003	Compendio de terminología química. Recomendaciones de la IUPAC
2004	Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry, 1st edition
2005	Nomenclature of Inorganic Chemistry - IUPAC Recommendations 2005 ⁽⁶⁾
2006	Compendium of Chemical Terminology
2007	Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005 ⁽⁷⁾ Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry - the IUPAC Green Book - 3rd edition
2008	IUPAC Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book. New version of the online Gold Book.*

tores habían colgado en la web de la IUPAC. El procedimiento seguido fue el siguiente: Ciriano traducía directamente del inglés, manteniendo una maquetación en la que prácticamente coincidía la paginación de la obra inglesa con su traducción al castellano. De este modo, se mantenían las mismas páginas y se evitaba que las figuras y esquemas se dividieran, al conservar el mismo formato. Román corregía el texto y el estilo y eliminaba los errores. Una vez traducidos dos o tres capítulos, Ciriano y Román los revisaban conjuntamente, reuniéndose en alguna ciudad española. En la primera ocasión se adoptaron los siguientes acuerdos: el Diccionario de la RAE (DRAE) sería la principal guía, así como los diccionarios de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RACEFYN) y la obra de G. J. Leigh, traducida por Bertello y Pico en el año 2001.⁵

A finales de noviembre de 2005 se publicó el *Libro rojo*, con las recomendaciones de la IUPAC de 2005, en su versión

inglesa. Puestos en contacto los traductores con el editor principal, Neil G. Connolly, para solicitarle una copia de los originales, este advirtió, al realizar el envío, que no solo había importantes diferencias con la versión de Internet que los traductores estaban manejando, sino que se habían hecho varias correcciones sobre las pruebas de imprenta del libro. Para entonces ya se habían traducido seis capítulos. Los traductores consiguieron un ejemplar en enero de 2006 y, en consecuencia, tuvieron que comenzar una nueva traducción, basada en la obra publicada por la *Royal Society of Chemistry* (RSC Publishing) y la IUPAC,⁶ contando con su autorización.

A finales de enero de aquel año, comenzó la traducción basada en el libro recién publicado, con la inestimable ayuda de un gran número de figuras y fórmulas estructurales originales facilitadas por la RSC y la IUPAC. Desde febrero

Cuadro 2. Fechas más importantes del proceso de traducción del Libro rojo de 2005 y premios recibidos

Año	Título
2005	A comienzos de septiembre, Luis A. Oro propone traducir el <i>Libro rojo</i> de 2005, próximo a aparecer.
	Los traductores, Miguel A. Ciriano y Pascual Román, aceptan el encargo y comienzan la traducción basada en los textos colgados en Internet (20.9.2006).
	Se establece la estrategia sobre el formato del texto y las reglas que se van a seguir: respetar, hasta donde sea posible, el DRAE, los diccionarios de la RACEFYN y la traducción de Bertello y Pico Marín del <i>Libro rojo</i> de 1990.
	A finales de noviembre, aparece la versión original inglesa del <i>Libro rojo</i> de 2005. La RSC y la IUPAC facilitan a los traductores los textos originales en inglés. Connelly comunica que ha recibido su ejemplar del <i>Libro rojo</i> (2.12.2006).
	Los traductores, después de haber finalizado seis capítulos, deciden comenzar de nuevo al advertirles el editor principal, Neil G. Connelly, de las modificaciones y comprobar cambios importantes con relación a la versión colgada en Internet (diciembre).
2006	En enero, los traductores adquieren la versión original del <i>Libro rojo</i> de 2005 y comprueban que, de nuevo, hay modificaciones respecto a la versión facilitada por la RSC.
	Aparecen las primeras grandes dificultades idiomáticas, que suponen discusiones y consultas a expertos (febrero-abril).
	En Semana Santa, se habían traducido los seis primeros capítulos de los once que componen la obra más un extenso anexo dedicado a las tablas (abril).
	Desde mayo a diciembre se terminó de traducir la obra completa.
	Surgen nuevos problemas idiomáticos (mayo-diciembre).
2007	A finales de diciembre, Prensas Universitarias de Zaragoza (PUZ) acepta publicar el <i>Libro rojo</i> de 2005 y se compromete a hacerlo antes del verano de 2007.
	Se envían copias a reconocidos químicos e investigadores españoles y a las Sociedades Químicas de Argentina, Chile, España y Puerto Rico para su revisión (enero).
	En los meses de enero y febrero, los traductores revisan el texto completo.
	Cuatro expertos envían sus sugerencias y propuestas de mejora (marzo). El corrector de estilo de PUZ devuelve el texto corregido (abril).
	El <i>Libro rojo</i> de 2005 en versión española se envía a la imprenta (17.5.2007).
	En los meses de mayo y junio, los traductores revisan las galeras del <i>Libro rojo</i> de 2005.
	En la primera semana de julio, aparece la versión española del <i>Libro rojo</i> de 2005.
2008	Presentación de la versión castellana del <i>Libro rojo</i> de 2005 en el Biennial IUPAC Congress and General Assembly (Turín, 13-21.8.2007).
	Presentación de la versión española del <i>Libro rojo</i> de 2005 en la Residencia de Estudiantes del CSIC (Madrid, 16.10.2007).
	La UNE otorga el Premio a la Mejor Traducción a Prensas Universitarias de Zaragoza (PUZ) y a sus traductores por la obra <i>Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005</i> (Madrid, 17.7.2008).
	La UNE entrega el Premio a la Mejor Traducción al director de Prensas Universitarias de Zaragoza (PUZ) y a los traductores del <i>Libro rojo</i> de 2005 (Barcelona, Llibre 2008, 8.10.2008).

de 2006 se produjo un gran avance en la traducción, especialmente en las vacaciones de Semana Santa y verano. A finales de diciembre estaba completada la traducción del original. En las navidades de 2006, se contactó con los responsables de Prensas Universitarias de Zaragoza (PUZ) —quienes acogieron el proyecto con gran entusiasmo— para la edición y publicación de la obra. Se acordó con ellos que el libro debía publicarse antes del verano de 2007. El 17 de mayo de aquel año se envió a la imprenta. La coordinación y revisión de la obra traducida al castellano se revisó en Logroño (en dos ocasiones), Zaragoza (cuatro), Madrid (dos) y Bilbao (la revisión definitiva), ya que los traductores trabajan en Zaragoza y Bilbao. En el cuadro 2 se recogen las principales fechas del proceso de traducción del *Libro rojo* de 2005 y los premios recibidos.

La traducción del Libro rojo: estructura y dificultades

Tras la tabla periódica de los elementos químicos y los prólogos en español e inglés, el *Libro rojo* de 2005 se estructura en once capítulos más un anexo de diez tablas (92 páginas) y un índice de materias. La obra en español se compone de un total de 380 páginas, mientras que la versión original tiene 378. La principales diferencias entre las ediciones de 1990 y 2005 del *Libro rojo* se hallan en la distinta reordenación de los once capítulos que componen ambos textos y la introducción de uno nuevo, dedicado a la nomenclatura de los compuestos organometálicos (capítulo 10). Los cuatro primeros capítulos apenas ofrecen diferencias en ambas ediciones.

Es a partir del quinto capítulo y hasta el final del libro donde se presentan las mayores diferencias. En la nueva versión, la nomenclatura de los compuestos inorgánicos sigue tres tipos bien

<<http://tremedica.org/panacea.html>>

Tribuna

diferenciados: composición (capítulo 5), sustitución (capítulo 6) y adición (capítulo 7). Los ácidos inorgánicos y sus derivados son abordados en el capítulo 8, mientras que los compuestos de coordinación y los compuestos organometálicos se estudian en los capítulos 9 y 10, respectivamente. El capítulo de sólidos se traslada al final del texto (capítulo 11), cuando antes aparecía como capítulo 6. La obra finaliza con diez tablas; las tablas VII, VIII y IX son las que presentan las diferencias más notables con la obra precedente.

Se han encontrado algunas dificultades en la traducción de términos concretos, para los que se ha tratado de encontrar el equivalente más utilizado y comúnmente aceptado o la palabra admitida por los químicos hispanohablantes. Se tomó la decisión de mantener como propias las abreviaturas inglesas de los ligandos, los símbolos de los poliedros, las redes de Bravais y las variedades alotrópicas para ofrecer mayor uniformidad con la bibliografía científica y evitar errores de interpretación.

En otras ocasiones, la dificultad surgía de matices del lenguaje posibles en inglés e imposibles en español, como el cambio de la terminación *-e* de los aniones por la *-o* cuando se trata de ligandos aniónicos, por ejemplo, *chloride* y *chlorido* por *cloruro*. Las terminaciones de los ligandos organometálicos, radicales o grupos sustituyentes que forman parte de un enlace múltiple o con varias valencias insaturadas se han escrito directamente con la vocal o final; por ejemplo, *metilideno*, *azanilideno*, *propano-1,3-diilo*, etcétera, aunque existen algunos nombres admitidos por la IUPAC sin esta vocal final, como *metilen* o *fenilen*.

En la versión española se ha reivindicado el uso del término *wolframio*, en lugar de *tungsteno*, en todos los idiomas, tanto de raíz latina como no latina, porque es el nombre del elemento en español y en homenaje a los verdaderos descubridores del metal de número atómico 74 y símbolo W: los hermanos Juan José y Fausto Delhuyar, quienes lo aislaron en 1783. Esta reivindicación se ha llevado a la portada del libro, en la que aparece el sello de correos dedicado a honrar al químico ruso Mendeléiev, quien nos legó la primera versión de la tabla periódica moderna, con ocasión de conmemorarse en 2007 el centenario de su muerte.

Ha habido que superar las dificultades que suponen algunos matices con un significado muy importante, posibles en inglés pero sin una traducción razonable en español. Se han encontrado algunos términos en inglés creados ad hoc pero no reconocidos por los diccionarios ingleses, como: *locant*, *locations*, *ligating atoms*, *bicapped*, *tricapped* o *polyhedral symbol*, así como algunas palabras que se corresponden a versiones de términos creados en la bibliografía química en inglés, como *ligando*, *metalloceno*, *oligonuclear*, *organometálicos*, *boranos*, *clúster*, etcétera.

Algunas palabras inglesas han requerido inventar un nombre sencillo en español, por ejemplo, *see-saw*, 'caballete de serrar', que se ha traducido por *balancín*. Una de las más importantes modificaciones se refiere a la inversión del orden del oxígeno y los halógenos respecto de la versión de 1990. Esto afecta a las fórmulas y a los nombres de los antes llamados óxidos de los halógenos e hipohalitos. Según la nueva

tabla de la secuencia de los elementos (tabla VI, p. 261), el oxígeno aparece detrás de Cl, Br y I. Por tanto, en los compuestos binarios, el oxígeno se escribe en las fórmulas en primer lugar, lo que conduce también a un cambio en los nombres. Por ejemplo, el antes llamado óxido de dicloro, formulado como Cl_2O , ahora se formula OCl_2 y se le llama dicloruro de oxígeno (p. 70).

En los nombres de las entidades de coordinación, los nombres de los ligandos aniónicos se modifican en inglés, pero no en español; así los ligandos que terminan en *-uro* (*-ide*) se convierten en *-uro* (*-ido*), y los terminados en *-ato* (*-ate*) lo hacen en *-ato* (*-ato*). En el *Libro rojo* de 1990 había un número importante de excepciones a esta regla, por ejemplo, los ligandos *cloruro* se nombraban en el nombre por *cloro*, los ligandos *nitrito* por *nitro* (si se unen a través del átomo de nitrógeno) y los ligandos *cianuro* por *ciano*. En el *Libro rojo* de 2005 se evitan todas estas excepciones, de modo que la regla general se aplica a todos los ligandos (p. 151). Con las nuevas recomendaciones, *cloro* (*chloro*, en inglés) se usa en la nomenclatura de sustitución (frecuentemente usada en química orgánica), mientras que *cloruro* (*chlorido*, en inglés) se emplea para indicar que está unido a un átomo central. Es preciso notar que *cloruro* (*chloride*) se emplea para indicar un anión.

Con las recomendaciones de 2005 no existe ya necesidad de enumerar los ligandos aniónicos antes que los ligandos neutros, lo que genera fórmulas más sencillas, sin tener que decidir si el ligando es o no aniónico (p. 153). En los cationes poliatómicos, el NH_4^+ se llama azanio (nomenclatura de sustitución) o amonio (nombre no sistemático, pero aceptado por la IUPAC). El catión H_3O^+ se llama oxidanio (nomenclatura de sustitución), u oxonio (nombre no sistemático, pero aceptado por la IUPAC); sin embargo, no se puede denominar hidronio.

En la versión castellana del *Libro rojo* de 2005, el anión termina en *-uro*. La primera excepción a esta regla, que no acaba en *-uro*, es el óxido, pero su terminación se parece a la inglesa. Según las nuevas normas debería llamarse *oxuro*, *oxiuro* u *oxigenuro*? Ninguno de estos nombres tiene sentido, y no se puede implantar una nueva norma en contra de una palabra que no solo está establecida en química, sino también en el lenguaje popular. Para el anión cloruro no hay problemas, pero ¿cómo se distingue el cloruro cuando actúa como un ligando? Si se utiliza el nombre *cloruro* para el ligando y el anión no se sabe con claridad a cual nos estamos refiriendo. Otro tanto ocurre con los nombres *hidruro*, *sulfuro*, *fluoruro*, etcétera.

En la nomenclatura de adición de los ácidos inorgánicos aparecen nombres que pueden parecer extraños, por lo que es preferible utilizar los nombres comunes o vulgares permitidos por la IUPAC. Así, el H_2SO_4 se llama, según la IUPAC, dihidroxidodioxidoazufre, pero también permite denominarlo ácido sulfúrico.

Algunos nombres de elementos químicos de la RAE, como ástato, tantalio y telurio no coinciden con los usuales en castellano: astato, tántalo y teluro, según la RAEFYN. Por ello, se han utilizado los aconsejados por esta ilustre Academia.

La solución a estos problemas requiere un traductor que, además de saber inglés y ser químico, debe tener una gran experiencia en temas variados y muy especializados de química inorgánica sobre los que ha leído y publicado. Solo de esta forma se pueden encontrar las correspondientes palabras con sentido en castellano. Las normas de numeración de cadenas, ciclos, preferencias de orden en los nombres y fórmulas entre símbolos deben expresarse muy claramente y requieren haberlos usado previamente en inglés para conocer su significado.

Finalmente, hay que mencionar que no todos los químicos están de acuerdo en adoptar las recomendaciones de la IUPAC de 2005. Por citar algunos ejemplos: 1) la definición de metaloceno (págs 226 y siguientes) y 2) la eliminación del símbolo η^1 (IR-9.2.4.3).

En la presentación del *Libro rojo* de 2005 en la Residencia de Estudiantes del CSIC, Luis A. Oro, además de agradecer a los traductores el esfuerzo realizado, subrayó la fidelidad a la obra original, la elegancia y rigor de la traducción —no exenta de importantes retos— y la rapidez con la que se había llevado a cabo. En este sentido, destacó que la traducción española del *Libro rojo* de la IUPAC era la primera que se había hecho en todo el mundo. Dicha traducción fue presentada en la Asamblea General y Congreso Bienal de la IUPAC, celebrados en agosto de 2007 en Turín, donde despertó la admiración de los asistentes por la rapidez con la que se había realizado. En este mismo acto, Pascual Román, en nombre de los traductores, agradeció los comentarios y sugerencias de los revisores, en particular, el profesor Ernesto Carmona, y a las instituciones que habían apoyado la iniciativa —el Comité Español de la IUPAC, la RSEQ, el CSIC y la editorial Prensas Universitarias de Zaragoza— por su acogida y la asunción del riesgo empresarial.

Luis A. Oro cerró el acto animando a los asistentes a utilizar las nuevas normas de la IUPAC, que, si bien en algunos aspectos no están exentas de controversia, son una herramienta universalmente aceptada para la normalización de la difícil tarea de nombrar, formular y representar el cada vez mayor número de compuestos químicos inorgánicos.

Conclusiones

Esta edición del *Libro rojo* de 2005 actualiza y clarifica las recomendaciones publicadas en 1990 sobre nombres y fórmulas de los compuestos inorgánicos y refleja los avances más recientes de la química inorgánica. La obra es la guía definitiva para los científicos que trabajan en el mundo académico o en la industria, para los editores de libros, revistas científicas y bases de datos y para las organizaciones que necesitan disponer de una nomenclatura aprobada internacionalmente.

Notas

- * Véase <http://old.iupac.org/reports/provisional/abstract04/connelly_310804.html>.
- * Véase <www.iupac.org/> y <<http://old.iupac.org/>>.
- * Véase <www.iupac.org/Publications>.
- * Véase <www.iupac.org/objID/Index/ins97573434445867795944213> y <<http://old.iupac.org/publications/books/seriestitles/nomenclature.html>>.
- * Véase <<http://goldbook.iupac.org/>>.

Bibliografía

1. Goya, P., y P. Román (2005): «Wolfram vs. Tungsten», *Chemistry International*, 27 (4): 26–27.
2. Damhus, T. (2005): «Wolfram vs. Tungsten. Reply from Ture Damhus», *Chemistry International*, 27 (4): 27–28.
3. Román, P. (2006): «El verdadero nombre del metal tungsten es: wolframio», *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 18: 23–31.
4. Leigh, G. J. (ed.) (1990): *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 1990*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
5. Leigh, G. J. (ed.) (2001): *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de 1990*. (Trad.: Luis F. Bertello y Carlos Pico Marín) Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
6. Connelly, N. G., T. Damhus, R. M. Hartshorn y A. T. Hutton (eds.) (2005): *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005*. Cambridge: RSC.
7. Connelly, N. G., T. Damhus, R. M. Hartshorn y A. T. Hutton (eds.) (2007): *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*. (Trad.: Miguel A. Ciriano y Pascual Román Polo. Zaragoza: PUZ.

El lápiz de Esculapio

La carabela

Joaquín Valls Arnau

La sala de espera de mi dentista acostumbra a ser un espacio alegre y bullicioso. Algo tendrá que ver en ello el hecho de que sea una persona dotada de unas manos prodigiosas y también de un gran sentido del humor. Recuerdo que en la primera visita, cuando todavía era un niño, nada más sentarme en el sillón articulado me llamó la atención su dentadura, manchada de nicotina y con la mayoría de piezas torcidas y superpuestas. Supongo que por mi cara de asombro adivinó lo que me pasaba por la cabeza, y anticipándose me comentó con ironía que no se fiaba de los dentistas, de ninguno de ellos. Hace unos meses, cuando me decidí a ponerme un implante artificial y le pregunté si se trataba de una solución duradera, me respondió con una media sonrisa que aquella muela falsa quedaría sujeta para siempre a mi «carabela», con la que emprendería el último de mis viajes.

Guía sobre el Uso de la Nomenclatura de Química Inorgánica para las Pruebas de Acceso a la Universidad

Índice

1 Introducción.....	3
2 Recomendaciones.....	5
3 Nomenclatura de los elementos.....	6
4 Nomenclatura de los iones simples.....	6
5 Nomenclatura de los compuestos binarios.....	7
6 Nomenclatura de los compuestos ternarios y cuaternarios.....	13
7 Nomenclatura de los iones heteropoliatómicos.....	18
8 Referencias.....	20
9 Anexo. Modelos de ejercicios y soluciones.....	21

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta guía consiste en divulgar y homogeneizar las recomendaciones de la *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) en el ámbito de la nomenclatura sistemática inorgánica. Así, esta guía recoge las recomendaciones de la IUPAC de 2005 incluidas en su Libro Rojo (http://media.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf) [1] y traducidas al castellano posteriormente [2]. Con esta guía se pretende proporcionar una herramienta de trabajo a los profesores de Educación Secundaria para el aprendizaje de la Nomenclatura Inorgánica en los distintos niveles educativos (ESO y Bachillerato).

Dentro del contexto de las recomendaciones de la IUPAC de 2005 para la nomenclatura de sustancias inorgánicas aparecen cambios significativos. Así, por ejemplo, se cambia la nomenclatura de ácidos oxoácidos y oxosales y la correspondiente a los iones. Además, se suprimen nombres como fosfina, arsina y estibina.

Una modificación significativa es la eliminación de la excepción en la secuencia del oxígeno respecto a determinados elementos que introdujeron las normas de 1990 para su ordenación en las fórmulas correspondientes. Como consecuencia, se trata al oxígeno como componente electropositivo en relación a los halógenos en los compuestos binarios y, por tanto, se consideran como **haluros de oxígeno** en lugar de como óxidos de halógenos.

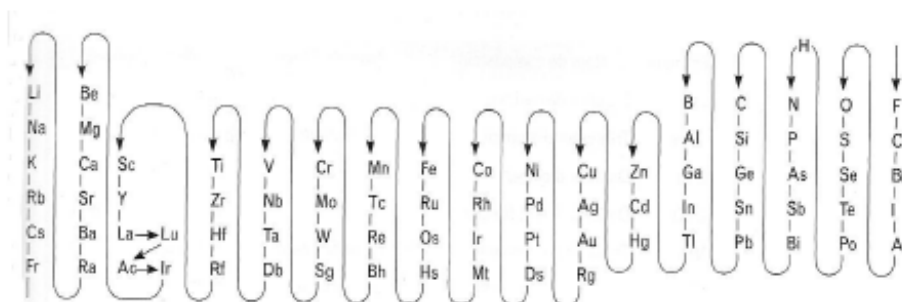


Figura 1. Convenio en el que se establece la secuencia de los elementos según su electronegatividad.

De acuerdo con estas nuevas normas de nomenclatura sistemática las sustancias inorgánicas pueden ser nombradas utilizando tres formas diferentes:

- Nomenclatura de composición
- Nomenclatura de sustitución
- Nomenclatura de adición

Sus principales características son:

- Nomenclatura de composición (o estequiométrica)

Se basa en la composición -no en la estructura- de la sustancia. La proporción de cada elemento se puede indicar de tres maneras diferentes:

- Usando los prefijos multiplicadores "mono-", "di-", "tri-", etc. para compuestos sencillos y "bis-", "tris-", "tetrakis-", etc. para sustancias más complejas. El prefijo "mono-" no resulta necesario

excepto si hay posibilidad de confusión. Cuando se utilicen prefijos no se pueden realizar contracciones (no es correcto, por ejemplo, tetróxido, pentóxido,...), excepto en el caso de "monóxido", contracción que sí es aceptada.

b) Mediante los números de oxidación escritos con números romanos entre paréntesis justo al lado del nombre del elemento (sin dejar ningún espacio vacío). Si el elemento sólo tiene un número de oxidación, éste no se ha de indicar.

c) Utilizando los números de carga escritos con números arábigos y entre paréntesis al lado del nombre del elemento (sin dejar ningún espacio vacío). En primer lugar se escribe el número y después el signo. Esta modalidad sólo se puede utilizar en compuestos iónicos.

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

Figura 2. Números de oxidación más frecuente de los elementos

Nomenclatura de sustitución

Parte de los nombres de los hidruros progenitores, que se pueden modificar sustituyendo los átomos de hidrógeno por otros átomos o grupos. Los nombres se forman citando como prefijos o sufijos los grupos sustituyentes de los átomos de hidrógeno, unidos sin ninguna separación en el nombre del hidruro progenitor. Esta nomenclatura sólo es recomendada por la IUPAC para los hidruros progenitores y sus derivados y se aplica fundamentalmente a compuestos orgánicos. Como se ve en la tabla 1 se aceptan los nombres tradicionales amoníaco y agua.

BH ₃	borano	CH ₄	metano	NH ₃	azano o amoniaco	H ₂ O	óxido o agua	HF	fluorano
AlH ₃	aluminio	SiH ₄	silano	PH ₃	fosfano	H ₂ S	sulfano	HCl	clorano
GaH ₃	galano	GeH ₄	germano	AsH ₃	arsano	H ₂ Se	selano	HBr	bromano
InH ₃	indigano	SnH ₄	estannano	SbH ₃	estibano	H ₂ Te	telano	HI	yodano
TlH ₃	talano	PbH ₄	plumbano	BiH ₃	bismutano	H ₂ Po	polano	HAt	astatano

Tabla 1. Nombres de los hidruros progenitores

Nomenclatura de adición

El nombre se construye poniendo los nombres de los ligandos, por orden alfabético, y con prefijos numéricos si fuera necesario, como prefijos del nombre del átomo central. Esta nomenclatura es especialmente indicada para los oxocompuestos, por lo que en este documento no se desarrollarán para el resto de compuestos.

2.- RECOMENDACIONES

Considerando las recomendaciones de la IUPAC y las características del alumnado de la ESO y el bachillerato se propone el uso de los siguientes tipos de nomenclaturas en cada una de las etapas educativas:

a) ESO

Para los compuestos binarios e hidróxidos se propone introducir únicamente la nomenclatura de composición o estequiométrica, con los prefijos multiplicadores y la posibilidad de añadir los números de carga para los compuestos iónicos o, preferentemente, los números de oxidación (en números romanos).

En cuanto a los ácidos oxoácidos y oxosales sólo se propone el uso de la nomenclatura tradicional y referida a los casos aceptados por la IUPAC.

b) Bachillerato

Para los compuestos binarios e hidróxidos se propone el uso de la nomenclatura de composición o estequiométrica con sus tres variantes: prefijos multiplicadores, los números de carga para los compuestos iónicos y los números de oxidación, recomendando preferentemente el uso de los prefijos multiplicadores o los números de oxidación. También se hará mención a la nomenclatura de sustitución en los hidruros progenitores de los grupos 13-17.

En cuanto a los ácidos oxoácidos, oxosales y sales ácidas se propone el uso de la nomenclatura tradicional y referida a los casos aceptados por la IUPAC e introducir las nomenclaturas de adición y de hidrógeno de manera más general.

3. NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS

De manera general se denominan con el nombre del elemento químico correspondiente. En el caso de los no metales que forman sustancias moleculares su nombre se basa en el número de átomos que tenga la molécula y se indica con el correspondiente prefijo multiplicador. Se aceptan los nombres oxígeno para el dióxígeno (O_2) y ozono para el trióxígeno (O_3), pero no los de nitrógeno para el N_2 (dinitrógeno) o hidrógeno para el H_2 (dihidrógeno). El prefijo "mono-" se utiliza sólo para los casos en los que el elemento no se encuentra en la naturaleza en estado monoatómico.

Fórmula	Nombre sistemático	Nombre aceptado
Ag	plata	
Fe	hierro	
He	helio	
N	mononitrógeno	
H_2	dihidrógeno	
N_2	dinitrógeno	
P_4	tetrafósforo	fósforo blanco
O_2	dióxígeno	oxígeno
O_3	trioxígeno	ozono
S_8	octaazufre	
F_2	difluor	

4. NOMENCLATURA DE LOS IONES SIMPLES

Los cationes monoatómicos se nombran con el número de carga entre paréntesis. Para los homonucleares, formados por más de un átomo del mismo elemento, se añade el correspondiente prefijo multiplicador. No se deja ningún espacio entre el nombre del elemento y el número de carga.

En cuanto a los aniones se denominan añadiendo el sufijo "-uro" y a continuación el número de carga entre paréntesis. En el caso de los aniones este número de carga se puede suprimir cuando no dé lugar a ninguna ambigüedad. En el caso del oxígeno no se utiliza la terminación -uro y se denomina como óxido.

Fórmula catión	Nombre utilizando el número de carga	Nombre aceptado
Na^+	sodio(1+)	
Cr^{3+}	cromo(3+)	
Cu^+	cobre(1+)	
Cu^{2+}	cobre(2+)	
H^+	hidrógeno(1+)	hidrón
Fe^{3+}	hierro(3+)	
Hg_2^{2+}	dimercurio(2+)	

Fórmula anión	Nombre utilizando el número de carga	Nombre aceptado
Cl^-	cloruro(1-) o cloruro	
S^{2-}	sulfuro(2-) o sulfuro	
H^-	hidruro(1-) o hidruro	
P^{3-}	fosfuro(3-) o fosfuro	
O^{2-}	óxido(2-) u óxido	
N^{3-}	nitruro(3-) o nitruro	
C^{4-}	carburo(4-) o carburo	
S_2^{2-}	disulfuro(2-)	
O_2^{2-}	dióxido(2-)	peróxido
C_2^{2-}	dicarburo(2-)	acetiluro

5. NOMENCLATURA DE LOS COMPUESTOS BINARIOS

Nomenclatura de composición

El método más simple para dar nombre a un compuesto binario utilizando la nomenclatura de composición es a partir de los prefijos multiplicadores, que refleja directamente la fórmula del compuesto. Sin embargo, la proporción entre los dos elementos del compuesto se puede indicar también con el número de oxidación o, si el compuesto es iónico, con el número de carga.

Con los prefijos multiplicadores para un compuesto binario, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Decidir qué elemento toma el papel de compuesto electropositivo y cuál el de electronegativo. La decisión se toma por convenio de acuerdo con la figura 1. Empezando por el flúor en el sentido señalado, el primer elemento que encontramos es el elemento electronegativo y el siguiente es electropositivo.

2. Indicar el nombre del elemento que toma el papel electropositivo sin modificación y añadir el sufijo "-uro" al elemento más electronegativo. Si el elemento más electronegativo es el oxígeno, el nombre que se utiliza es "óxido".

3. Construir el nombre del compuesto combinando el nombre del constituyente electronegativo, la preposición "de" y a continuación el nombre del constituyente electropositivo, señalando, para cada uno, los prefijos multiplicadores adecuados ("mono-", "di-", "tri-", "tetra-", "penta-", "hexa-",...), según el número de átomos de cada uno que haya en la molécula.

Por ejemplo, para el OCl_2 .

1. El oxígeno es el elemento que toma el papel electropositivo y el cloro el papel electronegativo (si la fórmula empírica está escrita correctamente, el elemento más electropositivo aparece a la izquierda y el que toma el papel electronegativo a la derecha).

2. El nombre del constituyente electropositivo quedará como "oxígeno" (sin modificación) y el del constituyente electronegativo "cloruro" (clor- + -uro).
3. Dado que, según la fórmula, hay dos átomos de cloro en la molécula por uno de oxígeno, el nombre del compuesto se construye como "dicloruro de oxígeno".

Para obtener el nombre con la nomenclatura de composición con el estado de oxidación en el tercer paso hay que poner el nombre del elemento más electronegativo con el sufijo "-uro" seguido de la preposición "de" y el nombre del más electropositivo señalando el estado de oxidación sin prefijos multiplicadores. El estado de oxidación se señala con el número romano entre paréntesis inmediatamente después del nombre del elemento.

Para el ejemplo anterior OCl_2 tiene el nombre cloruro de oxígeno(II).

Con este mismo método:

Fórmula	Nomenclatura de composición		
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga
HCl	cloruro de hidrógeno	cloruro de hidrógeno	no tiene carácter iónico
NO	monóxido de nitrógeno	óxido de nitrógeno(II)	no tiene carácter iónico
NO_2	dióxido de nitrógeno	óxido de nitrógeno(IV)	no tiene carácter iónico
SiCl_4	tetracloruro de silicio	cloruro de silicio(IV)	no tiene carácter iónico

Si el compuesto es iónico, además se puede señalar la proporción entre los elementos del compuesto binario con el número de carga, que señala la carga iónica.

El número de carga se escribe inmediatamente después del nombre del ión sin espacio. La carga se escribe en números arábigos y sigue el signo. El número de carga de los aniones no da lugar a confusión, ya que este es único, de forma que es suficiente señalar sólo el de los cationes. En el mismo sentido, se suelen omitir también los números de oxidación los alcalinos (grupo 1, siempre 1+) y los alcalinotérreos (grupo 2, siempre 2+), así como los elementos más comunes con número de oxidación único (caso del aluminio 3+, por ejemplo).

Fórmula	Nomenclatura de composición		
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga
CaCl_2	dicloruro de calcio	cloruro de calcio	cloruro de calcio
FeCl_3	tricloruro de hierro	cloruro de hierro(III)	cloruro de hierro(3+)
AgBr	bromuro de plata	bromuro de plata(I)	bromuro de plata(1+)
HgCl_2	dicloruro de mercurio	cloruro de mercurio(II)	cloruro de mercurio(2+)

A) HIDRUROS Y COMPUESTOS BINARIOS CON HIDRÓGENO

Nomenclatura de composición

En las combinaciones binarias de un elemento con el hidrógeno se debe tener en cuenta la secuencia de decisión de la figura 1, de modo que, para las combinaciones de hidrógeno con

elementos de los grupos 1-15, se utilizará la nomenclatura de composición con la denominación hidruro para el hidrógeno con papel de elemento electronegativo y estado de oxidación H(-I) y, a continuación el nombre del otro elemento. Se indicará la proporción de los elementos bien con los correspondientes prefijos multiplicadores o con el estado de oxidación o el número de carga del elemento más electropositivo, en caso de que éste tenga más de uno.

Para las combinaciones con los elementos de los grupos 16 y 17 (excepto el oxígeno) se nombran poniendo en primer lugar el nombre del elemento más electronegativo con el sufijo "uro" y, a continuación el del hidrógeno, si es necesario con el correspondiente prefijo multiplicador.

Ejemplos:

Fórm	Nomenclatura de composición			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga	
FeH ₂	dihidruro de hierro	hidruro de hierro(II)	hidruro de hierro(2+)	hidruro ferroso
LiH	hidruro de litio	hidruro de litio	hidruro de litio	hidruro lítico
PH ₃	trihidruro de fósforo	hidruro de fósforo(III)	no tiene carácter iónico	fosfina
H ₂ S	sulfuro de dihidrógeno	sulfuro de hidrógeno	no tiene carácter iónico	
HCl	cloruro de hidrógeno	cloruro de hidrógeno	no tiene carácter iónico	

Nomenclatura de sustitución

En la nomenclatura de sustitución los hidruros de los elementos de los grupos 13 a 17 de la tabla tienen un papel principal, ya que se usan como compuestos progenitores. A partir de ellos, por sustitución de átomos de hidrógeno, y desde una clara inspiración en la orgánica, se forman compuestos derivados. Los nombres de los hidruros progenitores se construyen con el sufijo "-ano" y son los que se indican en la tabla 1. Son aceptados los nombres no sistemáticos amoníaco y agua, pero los nombres fosfina, arsina y estibina ya no se utilizarán.

Una aplicación inmediata de este planteamiento la encontramos en la nomenclatura cationes heteropoliatómicos que usarán la nomenclatura de sustitución. Los más frecuentes que podemos encontrar son el catión NH₄⁺ que pasa a nombrarse catión azanio (el nombre no sistemático amonio es aceptado) y el catión H₃O⁺ que toma el nombre oxidanio (se acepta el nombre no sistemático oxonio, pero se descarta explícitamente el nombre hidronio).

B) COMPUESTOS BINARIOS CON OXÍGENO

Óxidos

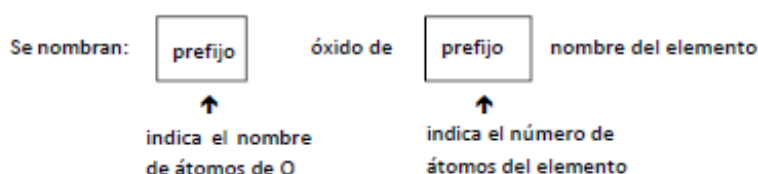
Los óxidos son las combinaciones binarias del oxígeno, que tiene número de oxidación -II, con un elemento más electropositivo que éste, es decir, que esté situado después del oxígeno según la secuencia de los elementos de la figura 1.

Según esta definición las combinaciones del oxígeno con los halógenos (F, Cl, Br y I) ya no se consideran óxidos sino que son fluoruros, cloruros, bromuros o yoduros de oxígeno.

Los óxidos se pueden nombrar de tres maneras con la nomenclatura de composición o estequiométrica:

a) Utilizando prefijos multiplicadores

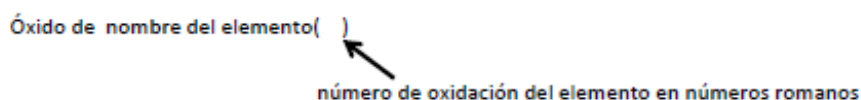
Se denominan con la palabra **óxido**, sigue la preposición "de" y el nombre del elemento. Óxido y el nombre del elemento van precedidos de prefijos multiplicadores que indican el número de átomos de estos elementos en la fórmula.



Los prefijos no son necesarios si no hay ambigüedad. El prefijo "mono-" se considera superfluo y sólo se utiliza si se quiere enfatizar la estequiometría cuando se comparan sustancias relacionadas (por ejemplo NO, NO₂). Si se utiliza prefijos para nombrar sustancias no se pueden eliminar letras, es decir, debe llamarse pentaóxido y no pentóxido, con la excepción del monóxido.

b) Utilizando los números de oxidación

Se denominan con la palabra **óxido**, seguido de la preposición "de" y el nombre del elemento. Junto al nombre del elemento se indica su número de oxidación en números romanos:

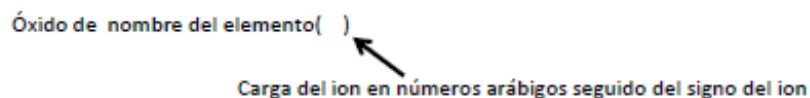


Si el elemento sólo tiene un número de oxidación este normalmente no se indica en el nombre del compuesto. El número de oxidación se escribe al lado del nombre del elemento sin dejar espacio. Esta nomenclatura coincide con la llamada anteriormente nomenclatura de Stock.

c) Utilizando números de carga

Esta nomenclatura sólo es válida para compuestos iónicos, por tanto sólo es válida para los óxidos metálicos.

Se denominan con la palabra **óxido**, seguido de la preposición "de" y el nombre del elemento. Junto al nombre del elemento indica la carga del ión en números arábigos:



La carga del ión se escribe al lado del nombre del elemento sin dejar espacio y no hay que indicarla si no hay ambigüedad.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga	
OF ₂	difluoruro de oxígeno	fluoruro de oxígeno(II)	no tiene carácter iónico	óxido de difluor
CO	monóxido de carbono	óxido de carbono(II)	no tiene carácter iónico	
N ₂ O	óxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno(I)	no tiene carácter iónico	
Fe ₂ O ₃	trióxido de dihierro	óxido de hierro(III)	óxido de hierro(3+)	óxido férrico
Cu ₂ O	óxido de dicobre	óxido de cobre(I)	óxido de cobre(1+)	óxido cuproso
K ₂ O	óxido de dipotasio	óxido de potasio	óxido de potasio	óxido potásico
O ₅ Cl ₂	dicloruro de pentaóxígeno		no tiene carácter iónico	pentaóxido de dicloro

En el caso de las combinaciones binarias de oxígeno con los elementos del grupo 17 se empleará únicamente nomenclatura de composición con prefijos multiplicadores.

Peróxidos

Los peróxidos son combinaciones de un elemento con el anión peróxido (O₂²⁻).

Con la nomenclatura de los prefijos multiplicadores se nombran igual que los óxidos. Con la nomenclatura de los números de oxidación se denominan como peróxidos y con la nomenclatura de los números de carga se utiliza dióxido(2-).

Está aceptado el nombre de agua oxigenada por H₂O₂.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga	
CuO ₂	dióxido de cobre	peróxido de cobre(II)	dióxido(2-) de cobre(2+)	peróxido cúprico
Na ₂ O ₂	dióxido de disodio	peróxido de sodio	dióxido(2-) de sodio	peróxido sódico
H ₂ O ₂	dióxido de dihidrógeno	peróxido de hidrógeno	no tiene carácter iónico	

C) OTROS COMPUESTOS BINARIOS

Diferenciaremos entre compuestos formados por un metal y un no metal o sales binarias, y compuestos formados por dos no metales

Compuestos metal-no metal o sales binarias. El metal, el elemento menos electronegativo, aparecerá a la izquierda de la fórmula. El no metal, a la derecha.

En todas las nomenclaturas, excepto en la nomenclatura de sustitución, se nombra en primer lugar el elemento no metálico con la terminación "-uro" y a continuación se nombra el metal.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con el número de carga	
Na ₂ S	sulfuro de sodio	sulfuro de sodio	sulfuro de sodio	sulfuro sódico
FeCl ₂	dicloruro de hierro	cloruro de hierro(II)	cloruro de hierro(2+)	cloruro férrico
Au ₃ N	nitruro de trorio	nitruro de oro(I)	nitruro de oro(1+)	nitruro áurico
NH ₄ Br	bromuro de amonio	bromuro de amonio	bromuro de amonio	bromuro amónico

Compuestos no metal-no metal. En la fórmula aparecerá a la izquierda del elemento menos electronegativo.

En todas las nomenclaturas, excepto en la nomenclatura de sustitución, se nombra en primer lugar el elemento más electronegativo con la terminación en "-uro" y a continuación el otro elemento.

En estos compuestos no se emplea la nomenclatura de composición con número de carga, ya que no son compuestos iónicos.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con número de carga	
SbCl ₃	triclouro de antimonio	cloruro de antimonio(III)	no tiene carácter iónico	cloruro antimónico
SF ₆	hexafluoruro de azufre	fluoruro de azufre(VI)	no tiene carácter iónico	
CB ₄	tetrabromuro de carbono	bromuro de carbono(IV)	no tiene carácter iónico	

6. NOMENCLATURA DE LOS COMPUESTOS TERNARIOS Y CUATERNARIOS

A) Hidróxidos

Son compuestos formados por la unión de un metal y el ion hidróxido (OH^-). Aunque son compuestos ternarios se formulan y se denominan como si fueran combinaciones binarias.

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica			Nombre no aceptado
	Con prefijos multiplicadores	Con el número de oxidación	Con número de carga	
NaOH	hidróxido de sodio	hidróxido de sodio	hidróxido de sodio	hidróxido sódico
Cu(OH)_2	dihidróxido de cobre	hidróxido de cobre(II)	hidróxido de cobre(2+)	hidróxido cúprico
Pb(OH)_4	tetrahidróxido de plomo	hidróxido de plomo(IV)	hidróxido de plomo(4+)	hidróxido plúmbico

B) Ácidos oxoácidos

La IUPAC propone para los ácidos oxoácidos la nomenclatura de hidrógeno y la de adición para dar más importancia a la estructura molecular. También se continúa aceptando el uso de algunos nombres comunes o tradicionales. Esto implica que no se puede utilizar la anterior nomenclatura sistemática ni la de Stock.

La nomenclatura tradicional no cambia, por lo tanto la utilización de prefijos y sufijos para indicar los números de oxidación y la estequiometría entre los óxidos y las moléculas de agua se mantiene. Sin embargo se dejan de utilizar el prefijo "orto-" para los ácidos de B, Si, P, As y Sb, por innecesario, y el "piro-", que se sustituirá por "di-" para indicar la combinación del óxido con dos moléculas de agua. A continuación hay una lista de los ácidos oxoácidos más frecuentes que aparecen en el listado de oxácidos con los nombres comunes o tradicionales que acepta la IUPAC en la nueva normativa. Se puede encontrar la lista completa de los nombres aceptados en la tabla IR-8.1 del "Libro Rojo" de la IUPAC. [2]

H_3BO_3	ácido bórico (no ortobórico)	H_2SO_4	ácido sulfúrico
HBO_2	ácido metabórico	H_2SO_3	ácido sulfuroso
		$H_2S_2O_7$	ácido disulfúrico
H_2CO_3	ácido carbónico		
		H_2SeO_4	ácido selénico
H_4SiO_4	ácido silícico (no ortosilícico)	H_2SeO_3	ácido selenioso
H_2SiO_3	ácido metasilícico		
		H_2TeO_4	ácido telúrico
HNO_3	ácido nítrico	H_2TeO_3	ácido teluroso
HNO_2	ácido nitroso		
		$HClO_4$	ácido perclórico
H_3PO_4	ácido fosfórico (no ortofosfórico)	$HClO_3$	ácido clórico
H_3PO_3	ácido fosforoso	$HClO_2$	ácido cloroso
$H_4P_2O_7$	ácido difosfórico	$HClO$	ácido hipocloroso
HPO_3	ácido metafosfórico		
		$HBrO_4$	ácido perbrómico
H_3AsO_4	ácido arsénico (no ortoarsénico)	$HBrO_3$	ácido brómico
H_3AsO_3	ácido arsenioso	$HBrO_2$	ácido bromoso
		$HBrO$	ácido hipobromoso
H_3SbO_4	ácido antimónico (no ortoantimónico)		
H_3SbO_3	ácido antimonioso	HIO_4	ácido peryódico
		HIO_3	ácido yódico
		HIO_2	ácido yodoso
		HIO	ácido hipoyodoso

Nomenclatura de adición

Informa sobre la estructura de los ácidos y considera que están formados por la unión de un átomo central y una serie de ligandos. Formulando de forma diferente los oxígenos unidos a los hidrógenos ácidos (hidroxido) y los oxígenos unidos sólo al elemento central (óxido). Los hidrógenos que no son ácidos unidos al átomo central se nombran hidruro. Se comienza nombrando a los ligandos, empleando si es necesario prefijos multiplicadores ("di-", "tri-", "tetra-",...) y en orden alfabético sin considerar los prefijos. Finalmente, se nombra el átomo central sin terminación.

Prefijo-hidroxido-prefijo-óxido-nombre elemento

Para escribir la fórmula estructural primero indica el elemento central y después los ligandos por orden alfabético con el subíndice correspondiente.

Nomenclatura de hidrógeno

Se basa en nombrar en primer lugar el hidrógeno, con su prefijo multiplicador si es necesario, seguido sin espacio del nombre del anión (entre paréntesis) obtenido en la nomenclatura de adición, y terminando con el sufijo "-ato".

Prefijo-hidrogeno(prefijo-óxido-nombre elemento-ato)

Ejemplos de ácidos oxoácidos con nomenclatura tradicional aceptada, donde se detalla la fórmula estructural para aclarar estas dos nuevas formas de nombrar los oxácidos

Ejemplos:

Fórmula	Fórmula estructural	Nomenclatura de adición	Nomenclatura de hidrógeno
H_2CO_3	$CO(OH)_2$	dihidroxidooxidocarbono	dihidrogeno(trioxidocarbonato)
H_4SiO_4	$Si(OH)_4$	tetrahidroxidosilicio	tetrahidrogeno(tetraoxidosilicato)
HNO_3	$NO_2(OH)$	hidroxidooxidonitrogeno	hidrogeno(trioxidonitrato)
H_3PO_4	$PO(OH)_3$	trihidroxidooxidofosforo	trihidrogeno(tetraoxidofosfato)
H_3PO_3	$P(OH)_3$	trihidroxidofosforo	trihidrogeno(trioxidofosfato)
H_2SO_4	$SO_2(OH)_2$	dihidroxidodioóxidoazufre	dihidrogeno(tetraóxidosulfato)
$HClO_3$	$ClO_2(OH)$	hidroxidodioóxidocloro	hidrogeno(trioxidoclorato)
$HBrO$	$Br(OH)$	hidroxidobromo	hidrogeno(oxidobromato)

C) Oxosales

Nomenclatura tradicional aceptada

Las oxosales son compuestos que se pueden considerar derivados de los ácidos oxoácidos al sustituir los hidrógenos del ácido por un metal.

Para nombrar una sal, se sustituyen los sufijos "-oso" y "-ico" del ácido del que derivan por "-ito" y "-ato" respectivamente. A continuación se añade la preposición "de" seguida del nombre del metal indicando entre paréntesis con números romanos el estado de oxidación del metal, que se puede expresar también mediante el número de carga. Si el elemento sólo tiene un estado de oxidación, éste no se indica.

ejemplos:

Ácido original	Fórmula de la sal	Nomenclatura tradicional	
		Con el número de oxidación	Con el número de carga
ácido fosfórico H_3PO_4	FePO_4	fosfato de hierro(III)	fosfato de hierro(3+)
ácido nítrico HNO_3	NH_4NO_3	nitrato de amonio	nitrato de amonio
ácido hipocloroso HClO	NaClO	hipoclorito de sodio	hipoclorito de sodio
ácido carbónico H_2CO_3	CuCO_3	carbonato de cobre(II)	carbonato de cobre(2+)

Nomenclatura de composición (o estequiométrica)

Se nombra en primer lugar el anión, sin indicar la carga, seguido de la preposición "de" y a continuación el nombre del catión sin el estado de oxidación. La proporción de ambos se indica mediante los correspondientes prefijos multiplicadores.

Si el anión está entre paréntesis, se indica el número de iones con los prefijos: "bis-", "tris-", "tetrakis-", etc.

Prefijo-(prefijo-oxido-nombre elemento-ato) de prefijo-nombre elemento

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de composición
$\text{Fe}(\text{ClO}_3)_2$	bis(trioxidoclorato) de hierro
$\text{Au}_2(\text{SO}_4)_3$	tris(tetraoxidosulfato) de oro
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$	tetrakis(dioxidonitrato) de plomo
FeSO_4	tetraoxidosulfato de hierro
CaCO_3	trioxidocarbonato de calcio
NaNO_2	dioxidonitrato de sodio
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	heptaoxidodicromato de dipotasio
$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	bis(trioxidofosfato) de calcio

Nomenclatura de adición

Se indica el nombre del anión con su carga seguido del nombre del catión también con su carga. Los números para la compensación de las cargas no se dicen, ya que con la especificación de las cargas no cabe duda.

Prefijo-oxido-nombre elemento-ato-(carga anión) de nombre del metal-(carga del catión)

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura de adición
$\text{Fe}(\text{ClO}_3)_2$	trioxidoclorato(1-) de hierro(2+)
$\text{Au}_2(\text{SO}_4)_3$	tetraoxidosulfato(2-) de oro(3+)
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$	dioxidonitrato(1-) de plomo(4+)
FeSO_4	tetraoxidosulfato(2-) de hierro(2+)
CaCO_3	trioxidocarbonato(2-) de calcio
NaNO_2	dioxidonitrato(1-) de sodio
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	heptaoxidodicromato(2-) de potasio
$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	trioxidofosfato(1-) de calcio

D) SALES ÁCIDAS

Sales ácidas derivadas de oxoácidos

Están formadas por un anión que proviene de un ácido oxoácido, que no ha perdido todos sus hidrógenos, y un catión. Se nombran en primer lugar los hidrógenos con el prefijo multiplicador, si hay más de uno, seguido del nombre del anión del ácido oxoácido y, después de la palabra "de", se nombra el catión como en el resto de oxosales.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura de composición	Nombre no aceptado
NaHCO_3	hidrogenocarbonato de sodio	hidrogeno(trioxidocarbonato) de sodio	bicarbonato de sodio
$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$	hidrogenocarbonato de hierro(II)	bis[hidrogeno(trioxidocarbonato)] de hierro	bis(hidrogeno(trioxidocarbonato)) de hierro(II)
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	dihidrogenofostato de amonio	dihidrogeno(tetraoxidofosfato) de amonio	

Sales ácidas derivadas de haluros de hidrógeno

Proviene de los ácidos hidrácidos que tienen dos hidrógenos y han perdido un hidrógeno(1+). Se nombran con la palabra "hidrogeno" seguida del nombre del anión entre paréntesis y, después de la palabra "de", se nombra el catión como el resto de oxosales. Si es necesario se emplearán los prefijos multiplicadores "bis-", "tris-", "tetrakis-", etc.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura de composición	Nombre no aceptado
NaHS	hidrogenosulfuro de sodio	hidrogeno(sulfuro) de sodio	bisulfuro de sodio
Ca(HSe) ₂	hidrogenoselenuro de calcio	bis[hidrogeno(selenuro)] de calcio	
Ni(HTe) ₃	hidrogenotelururo de níquel(III)	tris[hidrogeno(telururo)] de níquel	

7. NOMENCLATURA DE IONES HETEROPOLIATÓMICOS

a) Cationes derivados de los hidruros progenitores (tabla 1): son los iones que resultan de la incorporación de un ion hidrógeno, H⁺, a un hidruro progenitor.

Fórmula	Nombre tradicional	Nomenclatura de sustitución (derivado del hidruro progenitor)	Nombre no aceptado
H ₃ O ⁺	oxonio	oxidanio	ion hidronio
NH ₄ ⁺	amonio	azanio	

b) Aniones derivados de ácidos oxoácidos: son los iones que resultan de la pérdida de iones hidrógeno, H⁺, de un ácido oxoácido.

b.1. Nomenclatura tradicional aceptada: se cambia la terminación "-oso" o "-ico" del ácido oxoácido por "-ito" o "-ato", respectivamente. Nombrando como ion o anión, en vez de ácido. Si no se produce la pérdida de todos los hidrógenos se antepone el prefijo "hidrogeno-" y, si es necesario, el correspondiente prefijo multiplicador.

b.2. Nomenclatura de composición: se nombran los elementos, indicando el número de cada uno con los prefijos multiplicadores. Sería como eliminar todos o parte de los hidrógenos de la nomenclatura de hidrógeno de los oxoácidos. Finalmente, se indica la carga del anión mediante el número de carga.

Ejemplos:

Fórmula	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura de composición	Nombre no aceptado
PO ₄ ³⁻	ion fosfato	tetraoxidofosfato(3-)	
SO ₄ ²⁻	ion sulfato	tetraoxidosulfato(2-)	
SO ₃ ²⁻	ion sulfito	trioxidosulfato(2-)	
P ₂ O ₇ ⁴⁻	ion difosfato	heptaoxodifosfato(4-)	
HCO ₃ ⁻	ion hidrogenocarbonato	hidrogeno(trioxidocarbonato)(1-)	ion bicarbonato
HPO ₄ ²⁻	ion hidrogenofosfato	hidrogeno(tetraoxidofosfato)(2-)	
H ₂ PO ₄ ⁻	ion dihidrogenofosfato	dihidrogeno(tetraoxidofosfato)(1-)	

En el caso de los iones que provienen de ácidos oxoácidos y que no han perdido todos los hidrógenos también se podría utilizar la nomenclatura de adición, siguiendo los mismos criterios que para los ácidos oxoácidos. Por ejemplo, el anión HCO_3^- se representaría como $[\text{CO}_2(\text{OH})]^-$ y se llamaría hidroxidodioxidocarbonato(1-).

8. REFERENCIAS

1. Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005. Connelly, N.G.; Damhus, T.; Hartshorn, R.M.; Hutton, A.T. The Royal Society of Chemistry, 2005 [ISBN 0 85404 438 8] Version on-line:
http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf
2. Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005. Connelly, N.G.; Damhus, T.; Hartshorn, R.M.; Hutton, A.T. Versión en castellano: Ciriano, M.A.; Román, P. Pressas Universitarias de Zaragoza, 2007. ISBN 978-84-7733-905-2

ANEXO. Modelos de ejercicios de nomenclatura para los diferentes tipos de sustancias con las correspondientes soluciones

Ejercicio 1. Formula o nombra los siguientes elementos o iones monoatómicos:

Fórmula	Nombre
	Seleniuro
Ar	
	Trióxígeno
H ⁺	
	Dibromo
N ³⁻	
	Cobalto(2+)
H	
	Diazufre
I ₃ ⁻	

Ejercicio 2. Formula o nombra los siguientes compuestos binarios con hidrógeno

Fórmula	Nomenclatura sustitución	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
		Con prefijos multiplicadores	Con números de oxidación	Con números de carga
KH	-----			
	-----			Hidruro de hierro(2+)
	Azano			
		Tetrahidruro de carbono		
HCl	-----			
			Hidruro de manganeso(III)	

Ejercicios 3. Formula o nombra los siguientes óxidos

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con números de oxidación	Con números de carga
	Pentaóxido de difósforo		
		óxido de zinc	
			óxido de plomo(4+)
Hg ₂ O			
			óxido de oro(3+)
		óxido de níquel(II)	
	Trióxido de dicobalto		
		óxido de azufre(VI)	
O ₃ Br ₂			

Ejercicios 4. Formula o nombra los peróxidos

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con números de oxidación	Con números de carga
K ₂ O ₂			
		Peróxido de calcio	
			Dióxido(2-) de litio
BaO ₂			
	Dióxido de zinc		
		Peróxido de cobre(I)	

Ejercicios 5. Formula o nombra los siguientes compuestos binarios

Fórmula	Nomenclatura de composición		
	Diyoduro de calcio		
NaCl			
	Trifluoruro de boro		-----
		Seleniuro de cobalto(II)	
CuBr			
SiC			-----
PI ₃			-----
		Sulfuro de amonio	
HgCl ₂			
As ₂ Se ₃			-----

Ejercicio 6. Formula o nombra los siguientes hidróxidos

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	Con número de carga
$\text{Al}(\text{OH})_3$			
	Dihidróxido de hierro		
		Hidróxido de potasio	
			Hidróxido de mercurio(2+)
$\text{Ni}(\text{OH})_3$			
			Hidróxido de estaño(4+)
		Hidróxido de bario	
	Dihidróxido de zinc		
		Hidróxido de plomo(II)	

Ejercicio 7. Formula o nombra los siguientes oxoácidos

F. Estructural	Nomenclatura de adición	Nomenclatura de hidrógeno
	Trihidroxidoboro	
$\text{NO}(\text{OH})$		
$\text{AsO}(\text{OH})_3$		trihidrogeno(tetraoxidoarseniato)
$\text{BrO}_2(\text{OH})$		
	Dihidroxidooxidosenio	

Ejercicio 8. Escribe la fórmula a continuación los nombres de los siguientes ácidos oxoácidos

Ácido difosfórico		Hidrogeno(oxidoclorato)	
Dihidroxididioxidoteluro		Dihidroxidooxidoazufre	
dihidrogeno(heptaoxidicromato)		Ácido nítrico	
Ácido perclórico		Dihidrogeno(trioxidcarbonato)	
Trihidroxidooxidoantimonio		Ácido silícico	

Ejercicio 9. Escribe el nombre de adición de los siguientes ácidos oxoácidos

HIO_4	$\text{IO}_3(\text{OH})$	
H_2TeO_3	$\text{TeO}(\text{OH})_2$	
HNO_2	$\text{NO}(\text{OH})$	
H_3PO_4	$\text{PO}(\text{OH})_3$	
HMnO_4	$\text{MnO}_3(\text{OH})$	

Ejercicio 10. Escribe el nombre de los siguientes ácidos oxoácidos con la nomenclatura de hidrógeno

HBrO ₂	
H ₂ S ₂ O ₇	
H ₃ PO ₃	
H ₂ Cr ₂ O ₇	
H ₄ P ₂ O ₇	

Ejercicio 11. Formula o nombra las siguientes oxosales

Fórmula	Nombre tradicional	Nomenclatura de composición	Nomenclatura adición
AlPO ₄	fosfato de aluminio		
Ca(MnO ₄) ₂		bis(tetraoxidomanganato) de calcio	
NiSO ₃			trioxidosulfato(2-)de níquel(2+)
Na ₂ CO ₃	carbonato de sodio		
NaClO		oxidoclorato de sodio	
K ₃ AsO ₃			trioxidoarseniato(3-)de potasio
Fe(NO ₃) ₃		tris(trioxidonitrato) de hierro	
Pb(SeO ₄) ₂	seleniato de plomo(IV) o seleniato de plomo(4+)		
Zn(ClO ₂) ₂		bis(dioxidoclorato) de zinc	

Ejercicio 12. Formula o nombra las siguientes sales ácidas

Fórmula	Nomenclatura de composición	Nomenclatura tradicional
Na(HCO ₃)		
Zn(HSO ₄) ₂		
Na(H ₂ PO ₄)		
Li(H ₂ BO ₃)		
Co ₂ (HPO ₃) ₃		
Fe(H ₂ SbO ₄) ₃		
Pb(HS) ₄		
	bis[hidrogeno(tetraoxidosulfato)] de zinc	
	tris[hidrogeno(seleniuro)] de cobalto	
	bis[dihidrogeno(trioxidosulfato)] de calcio	
		dihidrogenosilicato de bario
		hidrogenotelururo de litio

Ejercicio 13. Formula o nombra los siguientes iones heteropoliatómicos

Fórmula	Nomenclatura de composición	Nomenclatura tradicional
ClO ₂ ⁻		
H ₂ AsO ₃ ²⁻		
	tetraoxidobromato(1-)	
	trioxidocarbonato(2-)	
		ion permanganato
		ion hidrogenocromato

SOLUCIONES DE LOS EJERCICIOS

(Las soluciones se indican en **negrita**)

Ejercicio 1.

Fórmula	Nombre
Se^{2-}	Seleniuro
Ar	Argón
O_3	Trioxígeno
H^+	Hidrógeno(1+)
Br_2	Dibromo
N^{3-}	Nitruro(3-)
Co^{2+}	Cobalto(2+)
H	Monohidrógeno
S_2	Diazufre
I_3^-	Triyoduro(1-)

Ejercicio 2.

Fórmula	Nomenclatura sustitución	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
		Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	Con número de carga
KH	-----	Hidruro de potasio	Hidruro de potasio	Hidruro de potasio
FeH_2	-----	Dihidruro de hierro	Hidruro de hierro(II)	Hidruro de hierro(2+)
NH_3	Azano	Trihidruro de nitrógeno	Hidruro de nitrógeno (III)	-----
CH_4	Metano	Tetrahidruro de carbono	Hidruro de carbono(IV)	-----
HCl	Clorano	Cloruro de hidrógeno	Cloruro de hidrógeno	-----
MnH_3	-----	Trihidruro de manganeso	Hidruro de manganeso(III)	Hidruro de manganeso(3+)

Ejercicio 3.

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	Con número de carga
P ₂ O ₅	Pentaóxido de difósforo	Óxido de fósforo(V)	-----
ZnO	Óxido de zinc	Óxido de zinc	Óxido de zinc
PbO ₂	Dióxido de plomo	Óxido de plomo(IV)	Óxido de plomo(4+)
Hg ₂ O	Monóxido de mercurio	Óxido de mercurio(I)	Óxido de mercurio(1+)
Au ₂ O ₃	Trióxido de dioro	Óxido de oro(III)	Óxido de oro(3+)
NiO	Monóxido de níquel	Óxido de níquel(II)	Óxido de níquel(2+)
Co ₂ O ₃	Trióxido de dicobalto	Óxido de cobalto(III)	Óxido de cobalto(3+)
SO ₃	Trióxido de azufre	Óxido de azufre(VI)	-----
O ₃ Br ₂	Dibromuro de trioxígeno	-----	-----

Ejercicio 4.

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	Con número de carga
K ₂ O ₂	Dióxido de dipotasio	Peróxido de potasio	Dióxido(2-) de potasio
CaO ₂	Dióxido de calcio	Peróxido de calcio	Dióxido(2-) de calcio
Li ₂ O ₂	Dióxido de dilitio	Peróxido de litio	Dióxido(-2) de litio
BaO ₂	Dióxido de bario	Peróxido de bario	Dióxido(2-) de bario
ZnO ₂	Dióxido de zinc	Peróxido de zinc	Dióxido(2-) de zinc
Cu ₂ O ₂	Dióxido de dicobre	Peróxido de cobre(I)	Dióxido(2-) de cobre(1+)

Ejercicio 5.

Fórmula	Nomenclatura de composición		
	Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	Con número de carga
CaI ₂	Yoduro de calcio	Yoduro de calcio	Yoduro de calcio
NaCl	Cloruro de sodio	Cloruro de sodio	Cloruro de sodio
BF ₃	Trifluoruro de boro	Fluoruro de boro	-----
CoSe	Seleniuro de cobalto	Seleniuro de cobalto(II)	Seleniuro de cobalto(2+)
CuBr	Bromuro de cobre	Bromuro de cobre(I)	Bromuro de cobre(1+)
SiC	Carburo de silicio	Carburo de silicio(IV)	-----
PI ₃	Triioduro de fósforo	Ioduro de fósforo(III)	-----
(NH ₄) ₂ S	Sulfuro de diamonio	Sulfuro de amonio	Sulfuro de amonio

HgCl ₂	Dicloruro de mercurio	Cloruro de mercurio(II)	Cloruro de mercurio(2+)
As ₂ Se ₃	Triselenuro de diarsénico	Seleniuro de arsénico(III)	-----

Ejercicio 6.

Fórmula	Nomenclatura de composición o estequiométrica		
	Con prefijos multiplicadores	Con número de oxidación	con número de carga
Al(OH) ₃	Trihidróxido de aluminio	Hidróxido de aluminio	Hidróxido de aluminio
Fe(OH) ₂	Dihidróxido de hierro	Hidróxido de hierro(II)	Hidróxido de hierro(2+)
KOH	Hidróxido de potasio	Hidróxido de potasio	Hidróxido de potasio
Hg(OH) ₂	Dihidróxido de mercurio	Hidróxido de mercurio(II)	Hidróxido de mercurio(2+)
Ni(OH) ₃	Trihidróxido de níquel	Hidróxido de níquel(III)	Hidróxido de níquel(3+)
Sn(OH) ₄	Tetrahidróxido de estaño	Hidróxido de estaño(IV)	Hidróxido de estaño(4+)
Ba(OH) ₂	Dihidróxido de bario	Hidróxido de bario	Hidróxido de bario
Zn(OH) ₂	Dihidróxido de zinc	Hidróxido de zinc	Hidróxido de zinc
Pb(OH) ₂	Dihidróxido de plomo	Hidróxido de plomo(II)	Hidróxido de plomo(2+)

Ejercicio 7.

F. Estructural	N. de adición	N. de hidrogeno
B(OH) ₃	Trihidroxidoboro	Trihidrogeno(trioxidoborato)
NO(OH)	Hidroxidooxidónitrogeno	Hidrogeno(dioxidonitrato)
AsO(OH) ₃	Trihidroxidooxidoarsénico	Trihidrogeno(tetraoxidoarseniato)
BrO ₂ (OH)	Hidroxidodioxidobromo	Hidrogeno(trioxidobromato)
SeO(OH) ₂	Dihidroxidooxidoselenio	Dihidrogeno(trioxidoseleniato)

Ejercicio 8.

Ácido difosfórico	H ₄ P ₂ O ₇	Hidrogeno(oxidoclorato)	HClO
Dihidroxidooxidoteluro	H ₂ TeO ₄	Dihidroxidooxidoazufre	H ₂ SO ₃
Dihidrogeno(heptaoxidodicromato)	H ₂ Cr ₂ O ₇	Ácido nítrico	HNO ₃
Ácido perclórico	HClO ₄	Dihidrogeno(trioxidocarbonato)	H ₂ CO ₃
Trihidroxidooxidoantimonio	H ₃ SbO ₄	Ácido silícico	H ₄ SiO ₄

Ejercicio 9.

HIO_4	$\text{IO}_3(\text{OH})$	Hidroxidotrioxido yodo
H_2TeO_3	$\text{TeO}(\text{OH})_2$	Dihidroxido oxidotelururo
HNO_2	$\text{NO}(\text{OH})$	Hidroxido oxidonitrógeno
H_3PO_4	$\text{PO}(\text{OH})_3$	Trihidroxido oxidofósforo
HMnO_4	$\text{MnO}_3(\text{OH})$	Hidroxidotrioxido manganeso

Ejercicio 10.

HBrO_2	hidrogeno (dioxidobromato)
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	dihidrogeno (heptaoxidodisulfato)
H_3PO_3	trihidrogeno (trioxido fosfato)
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	dihidrogeno (heptaoxidodicromato)
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	tetrahidrogeno (heptaoxidodifosfato)

Ejercicio 11.

Fórmula	Nombre tradicional	Nomenclatura de composición	Nomenclatura de adición
AlPO_4	fosfato de aluminio	tetraoxidofosfato de aluminio	tetraoxidofosfato(3-) de aluminio
$\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$	Permanganato de potasio	bis(tetraoxidomanganato) de calcio	tetraoxidomanganato(1-) de calcio
NiSO_3	sulfito de níquel(II) o sulfito de níquel(2+)	trioxidosulfato de níquel	trioxidosulfato(2-) de níquel(2+)
Na_2CO_3	Carbonato de sodio	Trioxidocarbonato de disodio	trioxidocarbonato(2-) de sodio
NaClO	hipoclorito de sodio	oxidoclorato de sodio	oxidoclorato(1-) de sodio
K_3AsO_3	arsenito de potasio	Trioxidoarseniato de tripotasio	trioxidoarseniato(3-) de potasio
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	nitrate de hierro(III) o nitrate de hierro(3+)	tris(trioxidonitrato) de hierro	trioxidonitrato(1-) de hierro(3+)
$\text{Pb}(\text{SeO}_4)_2$	seleniato de plomo(IV) o seleniato de plomo(4+)	bis(trioxidoseleniato) de plomo	tetraoxidoseleniato(2-) de plomo(4+)
$\text{Zn}(\text{ClO}_2)_2$	Clorito de zinc	bis(dioxidoclorato) de zinc	dioxidoclorato(1-) de zinc