

DICCIONARI DE QUÍMICA

Nomenclatura i formulació de química inorgànica

Sumari

1. Introducció.....	3
2. Elements i estats d'oxidació.....	5
2.1. Elements	5
2.2. Estats d'oxidació	6
2.3. Cations metàl·lics	7
3. Òxids i altres combinacions amb l'oxigen	9
3.1. Òxids metàl·lics	9
3.2. Òxids no metàl·lics.....	10
3.3. Peròxids, hiperòxids, ozònids	10
3.4. Hidròxids.....	11
4. Hidrurs i altres compostos binaris	12
4.1. Hidrurs metàl·lics	12
4.2. Hidrurs no metàl·lics.....	12
4.2.1. Hidrurs no metàl·lics de caràcter àcid	12
4.2.2. Altres hidrurs no metàl·lics	13
5. Oxoàcids	15
5.1. Oxoàcids més simples	15
5.1.1. Nomenclatura tradicional	16
5.1.2. Nomenclatures sistemàtiques	17
5.2. Oxoàcids polihidratats	20
5.3. Homopoliàcids.....	21
5.4. Peroxoàcids i tioàcids	22
6. Oxoanions i oxosals	24
6.1. Oxoanions	24
6.1.1. Oxoanions amb hidrogen	24
6.2. Oxosals.....	25
6.2.1. Sals àcides	27
7. Sals hidratades	28
8. Òxids, hidròxids i sals dobles, triples, etc.....	29
9. Complexos.....	30

1. Introducció

Des de l'inici de l'estudi de les substàncies i llurs transformacions hi ha hagut la preocupació de donar-los un nom o un símbol que les identifiqués.

Quan el nombre de substàncies conegudes era reduït, n'hi havia prou que el nom en suggerís l'origen o alguna característica funcional. Actualment aquest nom és conegut com a *nom trivial*, en oposició al *nom sistemàtic*.

Amb la consolidació de la química com a ciència va augmentar progressivament el nombre de compostos coneguts. L'ur estudi va portar a un coneixement més ampli de les seves propietats i es va fer necessari introduir un sistema de formulació i nomenclatura **sistemàtic** que facilités la comunicació entre tota la comunitat científica.

S'iniciaren així les nomenclatures que ara es diuen **semisistemàtiques** i que són la base de l'actual nomenclatura **tradicional**, útil per a anomenar substàncies d'ús corrent. Aquestes nomenclatures prenen les funcions químiques com el nucli del desenvolupament dels noms de les substàncies.

Actualment, davant de la gran quantitat de compostos coneguts i de nou descobriment, s'ha fet imprescindible sistematitzar encara més els noms i separar-los de les característiques funcionals que fins aleshores els descrivien suficientment bé.

Actualment es considera que una nomenclatura és sistemàtica quan estableix unes normes generals que permeten deduir de forma unívoca l'estequiometria i, si és possible també, els trets estructurals més importants de les substàncies. L'objectiu que es persegueix amb l'establiment d'una nomenclatura química **sistemàtica** és disposar d'un mètode per a **anomenar** les substàncies que incorpori informació sobre **llurs composició i estructura** sense ambigüitats, i que sigui **entenedor i clar** per a tota la comunitat científica.

Al llarg de la història recent s'han desenvolupat diverses nomenclatures sistemàtiques útils per a un conjunt més ampli de compostos. La realitat ha fet que alguna de les nomenclatures sigui més adient per a un determinat tipus de compost o per a determinades especialitats de la química perquè permet **precisar-ne la composició** o destacar-ne **trets estructurals** d'especial importància en aquell àmbit. Quan s'apliquen a compostos habituals o relativament senzills sovint acaben coincidint, però normalment donen noms diferents a un mateix compost. Aquests noms, que són sistemàtics, són correctes si no porten confusió. *De tots els noms sistemàtics possibles per a una mateixa substància, cadascú haurà d'escollir el que sigui més útil en cada cas.*

Només es conserven els noms trivials, **semisistemàtics**, per a alguns compostos d'ús corrent i molt coneguts, i són acceptats pels químics malgrat que no transmeten tota la informació desitjada. Aquesta nomenclatura, dita també *tradicional*, continuarà sent útil mentre els noms facilitin la identificació i siguin entesos pels químics.

L'organisme internacional que dicta les normes de formulació i nomenclatura i que vetlla per la seva actualització és la Unió Internacional de Química Pura i Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC). És constituïda per

científics de reconegut prestigi que intenten harmonitzar les diferents llengües i establir normes que tota la comunitat internacional pugui assumir.

L'adaptació de la nomenclatura química a les característiques de la llengua catalana es duu a terme d'acord amb els criteris normatius establerts per l'Institut d'Estudis Catalans, entitat que promou i desenvolupa la recerca en els diferents àmbits de la ciència i de la tecnologia, principalment en els aspectes que afecten la cultura catalana.

2. Elements i estats d'oxidació

2.1. Elements

Els **elements** són substàncies pures que no es poden descompondre en altres de més senzilles per mètodes químics. N'existeixen pocs més d'un centenar; la resta de les substàncies que ens envolten són diverses combinacions entre elements diferents i s'anomenen *compostos*. Cada element es representa per un símbol, que no sempre es correspon amb les inicials del nom català. El símbol de l'element **ferro** és **Fe**, el del **californi**, **Cf** i el del **sodi**, **Na** (del seu nom en llatí, *natrium*). Els següents elements són acceptats amb més d'un nom: argent (o *plata*), arsènic (o *arseni*) i tungstè (o *wolframí*).

El que diferencia un element d'un altre és el nombre de partícules subatòmiques. Un àtom és una agrupació de partícules elementals, fonamentalment *protons*, *neutrons* i *electrons*, i és elèctricament neutre. Els protons i els neutrons estan situats en el nucli atòmic i els electrons a l'escorça atòmica. La quantitat de protons i d'electrons és característica de cada element i rep el nom de *nombre atòmic*. La distribució i la mobilitat dels electrons determina les propietats químiques de l'element.

La similitud entre algunes propietats de diversos elements ha fet que històricament s'agrupessin de diferents maneres. Actualment se segueix una ordenació per ordre creixent de nombres atòmics, que és la *taula periòdica dels elements*. Dins d'aquesta taula, cal distingir en primer lloc dos grans blocs, el de l'angle superior dret, que reuneix els elements no metàl·lics, i la resta, que agrupa els elements metàl·lics. La frontera entre els metalls i no-metalls és poc clara; hi ha elements difícils de classificar perquè el seu comportament depèn de l'element amb el qual es combina. S'anomenen *semimetalls*.

A més dels elements indicats, hi ha els gasos nobles (classificats a la darrera columna de la taula periòdica), que pràcticament no es combinen amb altres elements, motiu pel qual tenen poc interès des del punt de vista de la formulació i la nomenclatura.

H																						He
Li	Be											B	C	N	O	F						Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl						Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br						Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I						Xe
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At						Rn
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus						Uuo

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



Figura 1. Elements metàl·lics a l'esquerra, elements no metàl·lics a la dreta i, a la frontera, els semimetalls. Els elements de nombre atòmic més elevat, els elements superpesants, tenen vides mitjanes massa curtes per a confirmar-ne el caràcter metàl·lic. La darrera columna correspon als gasos nobles.

Els **no-metalls** tenen tendència a captar electrons i a quedar carregats negativament, és per això que es consideren *electronegatius*. Els **metalls** tenen tendència a perdre electrons i, per tant, a carregar-se positivament, de manera que són poc electronegatius.

L'ordenació dels elements a la taula periòdica per ordre creixent de nombre atòmic queda completada per la distribució en files i columnes. Les files, anomenades **períodes**, indiquen el nombre de nivells o capes atòmiques; les columnes, anomenades **grups**, el nombre d'electrons més externs. Els que estan situats en un mateix grup tenen un comportament semblant, la qual cosa permet deduir que les propietats químiques depenen, en bona part, del nombre d'electrons externs. Aquests grups d'elements amb característiques similars es designen genèricament amb un nom. Alguns exemples d'aquests noms són els *metalls alcalins* (grup 1, menys l'hidrogen: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr), els *metalls alcalinoterris* (grup 2: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra), els *halògens* (grup 17: F, Cl, Br, I, At, Uus), els *gasos nobles* (grup 18: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Uuo) i els *calcògens* (O, Si, Se, Te, Po). La resta es coneixen amb el número del grup de la taula periòdica.

2.2. Estats d'oxidació

Quan un àtom d'un element, inicialment neutre, perd o guanya electrons i adquireix càrrega elèctrica forma un **ió monoatòmic**, el qual, si queda positiu, s'anomena **catió** i, si la càrrega és negativa, **anió**. De l'atracció electrostàtica entre ions o de la unió d'àtoms de diferent electronegativitat, en resulten **compostos**, que són elèctricament neutres.

L'objectiu tant de la formulació com de la nomenclatura és adquirir un llenguatge que permeti atribuir a cada compost un nom i una representació (**fórmula**). En una fórmula, els elements s'ordenen sempre de manera que a la dreta quedi el més electronegatiu.

Així, per exemple:

L'element clor se simbolitza amb Cl. Atès que és molt electronegatiu, el clor té tendència a captar electrons i a convertir-se en un ió negatiu (*anió*), que es representa amb Cl⁻. L'element sodi se simbolitza amb Na. Com que és molt poc electronegatiu, cedeix electrons amb facilitat i es converteix en un ió positiu (*catió*), el qual es representa amb Na⁺. Aquests dos ions es poden unir en un compost molt conegut, la *sal comuna*, que es representa amb una fórmula que conté els símbols de dos elements ordenats de manera que el més electronegatiu s'escriu a la dreta: NaCl.

En un compost determinat, a cada element se li pot atribuir un estat d'oxidació. L'**estat d'oxidació** es pot definir, de manera simplificada, com la càrrega que tindria

un àtom d'un element si els electrons dels enllaços que forma amb la resta d'elements del compost s'assignessin a l'àtom més electronegatiu. L'estat d'oxidació no sempre té sentit químic, és un concepte convencional però molt útil a l'hora de formular. En el compost NaCl, el sodi té estat d'oxidació + 1 i el clor -1.

Alguns dels estats d'oxidació es poden deduir de la posició de l'element a la taula periòdica (vegeu la taula 1).

Taula 1. Estats d'oxidació dels elements més comuns

grup	elements	estats d'oxidació	grup	elements	estats d'oxidació
	H	+1	13	B, Al	+3
1	Li, Na, K, Rb, Cs	+1	14	C, Si Sn, Pb	+4, -4 +2, +4
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2	15	N P, As, Sb	+1, +2, +3, +4, +5, -3 +3, +5, -3
3-12	Ag Zn, Cd Fe, Co, Ni Cu, Hg Cr Mn	+1 +2 +2, +3 +1, +2 +3, +6 +2, +4, +7	16	O S, Se, Te	-2 +4, +6, -2
			17	F Cl, Br, I	-1 +1, +3, +5, +7, -1

En l'estat *elemental* tots els àtoms tenen estat d'oxidació igual a 0. No estan combinats amb cap altre element. Així, es pot dir que el níquel, l'alumini, el platí, l'or, el carboni, etc. tenen estat d'oxidació 0. En canvi, en la combinació de l'alumini amb l'oxigen, l'alumini té estat d'oxidació +3 i l'oxigen, -2.

Alguns no-metalls que a temperatura ambient són gasos es presenten en l'estat elemental com a agrupacions de dos àtoms del mateix element (molècules diatòmiques). Són els elements següents: hidrogen (H₂), nitrogen (N₂), oxigen (O₂), fluor (F₂) i clor (Cl₂). Cal fer notar que pel fet de no estar combinats amb un altre element, el seu estat d'oxidació també serà 0. Aquestes formes **diatòmiques** són les que representen l'estat real de l'element a temperatura ambient; per tant, quan se simbolitza l'hidrogen elemental s'ha d'escriure sempre H₂, i no H. De manera sistemàtica s'haurien d'anomenar *dihidrogen*, *dinitrogen*, *dioxigen*, *difluor* i *diclor*; és a dir, precedint el nom de l'element amb el prefix numèric *di-*.

Per a indicar el nombre d'àtoms iguals que s'agrupen en una determinada forma s'usen els prefixos numèrics *mono-*, *di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-*, *hexa-*, *hepta-*, *octa-*, *nona-*, *deca-*, *undeca-*, *dodeca-*, etc.

2.3. Cations metàl·lics

Un element pot tenir més d'un estat d'oxidació. Per exemple, el ferro en té dos: + 2 i + 3. Així, del compost anomenat *òxid de ferro*, no se'n pot saber la composició química perquè aquest nom no indica l'estat d'oxidació del ferro en l'òxid de ferro. Hi ha dos òxids de ferro possibles, el FeO i el Fe₂O₃. En el primer compost hi ha el catió Fe²⁺ (estat d'oxidació del metall + 2) i en el segon, el catió Fe³⁺ (estat d'oxidació del metall + 3).

Per a anomenar els ions de manera distintiva és útil emprar el *nombre d'oxidació* (antigament anomenat *nombre de Stock*). Fent-ho així, el nom del catió és el nom de

l'element seguit de l'estat d'oxidació en xifres romanes entre parèntesis i sense espai que el separi del nom de l'element. Quan un element només té un estat d'oxidació, no cal indicar-ho.

Els cations també es poden anomenar amb el *nombre de càrrega* (antigament anomenat *nombre d'Ewens-Basset*). En aquest cas, s'escriu entre parèntesis la càrrega del catió en xifres aràbigues darrera del nom de l'element. Aquesta escriptura, però, se sol reservar per a ions més complexos.

Entre noms i parèntesis no s'ha de deixar espai (vegeu la taula 2).

Taula 2. Noms de cations metàl·lics usant el nombre d'oxidació i el nombre de càrrega

catió	amb nombre d'oxidació	amb nombre de càrrega
Fe ²⁺	catió ferro(II)	catió ferro(2+)
Fe ³⁺	catió ferro(III)	catió ferro(3+)
Na ⁺	catió sodi	catió sodi

Cal remarcar que el sistema tradicional de nomenclatura de cations, en què el nom del catió es crea amb el nom de l'element i les terminacions *-ós* i *-ic* (com *ferrós* i *fèrric*), actualment no està acceptat dins les normes de la IUPAC.

3. Òxids i altres combinacions amb l'oxigen

L'oxigen es combina pràcticament amb tots els elements de la taula periòdica, i gairebé sempre ho fa amb estat d'oxidació -2 . En alguns casos, l'oxigen pot trobar-se en altres estats d'oxidació.

3.1. Òxids metàl·lics

Es considera que un **òxid metàl·lic** és el resultat de la combinació d'un catió metàl·lic amb l'anió **òxid** (O^{2-}).

Aplicant els criteris de la IUPAC, en la fórmula d'un òxid s'escriu primer (a l'esquerra de la fórmula) el símbol de l'element menys electronegatiu, en aquest cas el del metall, i a continuació (a la dreta de la fórmula), el símbol de l'element més electronegatiu, en aquest cas el de l'oxigen.

La fórmula que reflecteix la combinació de l'anió i del catió indica la relació més simple necessària perquè el compost format sigui elèctricament neutre. Per exemple, en combinar l'anió òxid (O^{2-}) amb el catió ferro(III) (Fe^{3+}), s'ha d'escriure primer el ferro i després l'oxigen. Amb tres anions i dos cations s'obtenen sis càrregues negatives i sis de positives, per tant, s'obté una espècie neutra, un compost de fórmula Fe_2O_3 .

Per a anomenar un **òxid**, la IUPAC accepta diverses nomenclatures, les més senzilles de les quals són les dues següents:

1. Es llegeix la proporció estequiomètrica dels dos components. Si és necessari s'ha d'indicar la participació de cada component amb els prefixos multiplicadors *di-*, *tri-*, *tetra-*, etc. Els òxids s'anomenen **òxid de** amb els **prefixos multiplicadors** que correspongui.

Quan no hi ha error possible es pot ometre el prefix. És el cas de l'òxid de sodi, ja que hi ha una única combinació possible de l'òxid amb aquest metall.

2. S'anomena el compost com a **òxid de** seguit del **nom del catió**, utilitzant el nombre d'oxidació o el nombre de càrrega entre parèntesis.

Quan no és necessari indicar l'estat d'oxidació del metall perquè és únic, no cal indicar-lo entre parèntesis (també n'és un exemple l'oxid de sodi).

Sovint els noms obtinguts segons els dos sistemes acaben coincidint, especialment en casos senzills. Si hi ha dubte a l'hora d'escollir un nom o un altre, essent tots dos correctes, s'escull el més simple. Exemples:

Fe_2O_3 triòxid de diferro, òxid de ferro(III) o òxid de ferro(3+)
 FeO monòxid de ferro, òxid de ferro(II) o òxid de ferro(2+)
 Na_2O monòxid de disodi, òxid de sodi(I) o òxid de sodi(1+)

En el darrer cas no és necessari indicar la proporció, ni l'estat d'oxidació, ni la càrrega, ja que el sodi té un únic estat d'oxidació i només és possible formular un òxid de sodi.

3.2. Òxids no metàl·lics

Els **òxids no metàl·lics** són la combinació de l'oxigen amb estat d'oxidació -2 i un no-metall en un dels seus estats d'oxidació positius.

Quan s'escriu la fórmula d'un òxid no metàl·lic, el no-metall va sempre a l'esquerra i l'oxigen a la dreta, amb l'única excepció del fluor, que és més electronegatiu que l'oxigen.

De fet, tant per a formular com per a anomenar s'aplica la norma esmentada en l'apartat anterior (cas dels òxids metàl·lics).

Com que sovint els no-metalls tenen més d'un estat d'oxidació possible, es poden formar diferents combinacions amb l'oxigen, de manera que es fa necessari distingir-les amb alguna de les nomenclatures anteriors.

Exemple:



Les combinacions més importants entre el sofre i l'oxigen es resumeixen a la taula 3.

Taula 3. Nomenclatura dels òxids de sofre

fórmula	estat d'oxidació del sofre	nom segons estequiometria	nom amb nombre d'oxidació
SO_2	+4	diòxid de sofre	òxid de sofre(IV)
S_2O_3	+6	triòxid de disofre	òxid de sofre(VI)

Els òxids no metàl·lics no són substàncies rares, sinó que formen part de les substàncies minerals més abundants. Aquest és el cas del quarz, la composició química del qual és bàsicament òxid de silici (SiO_2). El diòxid de carboni (CO_2), o *òxid de carboni(IV)*, també és un òxid no metàl·lic i és el producte que resulta de la respiració.

3.3. Peròxids, hiperòxids, ozònids

Els **peròxids**, **hiperòxids** i **ozònids** són les substàncies que resulten de combinar respectivament, les agrupacions anióniques O_2^{2-} , O_2^- i O_3^- amb hidrogen o amb els cations metàl·lics.

Són compostos rars, ja que es caracteritzen perquè l'oxigen té estat d'oxidació formal diferent de -2 .

S'anomenen **peròxid de**, **hiperòxid de** i **ozònid de** seguit del nom del catió corresponent.

Exemples:

Taula 4. Combinacions de diferents elements amb oxigen

anió	nom de l'anió	catió	compost	nom del compost
O^{2-}	òxid	Ca^{2+}	CaO	òxid de calci
O_2^{2-}	peròxid	Sr^{2+}	SrO_2	peròxid d'estronci
O_2^-	hiperòxid	K^+	KO_2	hiperòxid de potassi
O_3^-	ozònid	Na^+	NaO_3	ozònid de sodi

Els més importants per quantitat i la utilitat pràctica són els *peròxids*. Un peròxid molt conegut és el peròxid d'hidrogen (o *aigua oxigenada* (H_2O_2)). S'utilitza sovint en farmàcia com a desinfectant i en perruqueria com a decolorant.

El mot *ozònid* deriva de l'ozó, que és una substància present a l'atmosfera. Gràcies a aquesta presència, la incidència de les radiacions ultraviolades provinents del Sol a la superfície de la Terra és moderada.

3.4. Hidròxids

Els *hidròxids* són compostos formats per la combinació d'un catió metàl·lic amb l'anió hidròxid (OH^-).

La majoria dels òxids metàl·lics formen hidròxids quan es dissolen en aigua. Les solucions aquoses dels hidròxids tenen caràcter bàsic.

Es poden anomenar com si fossin combinacions binàries en què l'anió és l'hidròxid. Es pot indicar la proporció estequiomètrica dels ions a la fórmula, el nombre d'oxidació del catió que hi participa o el nombre de càrrega.

Exemples:

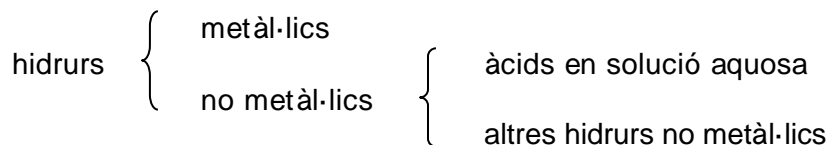
$Fe(OH)_3$ trihidròxid de ferro o hidròxid de ferro(III)
 $NaOH$ monohidròxid de sodi o hidròxid de sodi(I) (n'hi ha prou a dir-ne *hidròxid de sodi*)

Per a formular l'hidròxid de ferro(III), s'ha de combinar el catió Fe^{3+} amb tres anions OH^- perquè el compost sigui elèctricament neutre. La fórmula és, doncs, $Fe(OH)_3$, ja que l'anió hidròxid és una agrupació d'àtoms i cal indicar-la entre parèntesis quan està afectada per un subíndex.

L'hidròxid de sodi, conegut també com a *sosa càustica*, és una substància de gran importància domèstica i industrial per les seves propietats detergents i corrosives.

4. Hidrurs i altres compostos binaris

Es coneixen amb el nom de **hidrurs** els compostos resultants de la combinació de l'hidrogen amb un altre element. Aquest element pot ser un metall o un no-metall.



4.1. Hidrurs metàl·lics

Els **hidrurs metàl·lics** són el resultat de combinar l'hidrogen amb un metall. Atès que l'hidrogen és un element més electronegatiu que qualsevol metall, es considera que presenta l'estat d'oxidació -1 . Per això, en la fórmula d'un hidrur metàl·lic el metall s'escriu a l'esquerra (menys electronegatiu) i l'hidrogen a la dreta (més electronegatiu). L'hidrogen en estat d'oxidació -1 és l'anió **hidrur** (H^-). Aquesta nomenclatura d'acabament en **-ur** es generalitza per als anions monoatòmics, com es veurà més endavant.

Cal remarcar que els hidrurs metàl·lics són compostos rars: són dels pocs casos en què l'hidrogen es presenta amb estat d'oxidació -1 , perquè el seu estat d'oxidació habitual és $+1$.

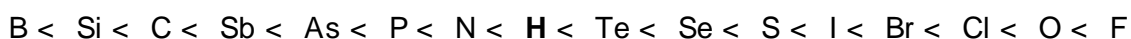
Exemple: *hidrur de calci*, en el qual es combinen el catió Ca^{2+} i l'anió H^- . Com que el catió calci té dues càrregues positives, cal combinar-lo amb dos anions hidrur perquè el compost sigui elèctricament neutre. Així, la fórmula resultant és **CaH_2** i s'anomena segons les normes generals dels compostos binaris:



Com que no hi ha possibilitat de confusió, es recomana anomenar-lo simplement *hidrur de calci*.

4.2. Hidrurs no metàl·lics

A l'hora d'estudiar les combinacions de l'hidrogen amb un no-metall cal tenir present l'**ordre d'electronegativitats** dels no-metalls. Així, d'esquerra a dreta, l'ordre creixent d'electronegativitats és:



Això fa que hi hagi dos tipus diferents d'hidrurs no metàl·lics segons que resultin de la combinació de l'hidrogen amb un no-metall que sigui més o menys electronegatiu que l'hidrogen.

4.2.1. Hidrurs no metàl·lics de caràcter àcid

Els hidrurs no metàl·lics de caràcter àcid són compostos formats per la combinació de l'hidrogen amb un no-metall més electronegatiu que l'hidrogen. Aquests no-metalls es troben situats a la dreta de l'hidrogen en la sèrie anterior.

Aleshores el no-metall presenta l'estat d'oxidació negatiu i s'escriu a la dreta en la fórmula, mentre que l'hidrogen es troba en estat d'oxidació + 1 i cal escriure'l a l'esquerra.

Aquestes substàncies acostumen a ser gasos a temperatura ambient. S'anomenen amb l'arrel del nom de l'element més electronegatiu acabat en **-ur** seguit de **d'hidrogen**.

Exemples: fluorur d'hidrogen, sulfur d'hidrogen

El primer combina l'anió fluorur (F^-) amb el catió hidrogen (H^+). La fórmula és **HF**.

El segon s'obté unint l'anió sulfur (S^{2-}) amb el catió hidrogen (H^+). Perquè el compost sigui neutre, cal que la fórmula contingui dos cations hidrogen per cada anió sulfur. El sulfur d'hidrogen és **H₂S**. Cal esmentar que l'anió derivat del sofre es diu *sulfur*, i no "sofrur".

Quan aquests compostos es dissolen en aigua, la solució resultant té propietats àcides, per això s'anomenen com a àcids, en concret **hidràcids**. Tradicionalment, s'anomenaven amb l'arrel del nom del no-metall acabat en *-hídric*, precedida del mot *àcid* per fer palesa aquesta propietat. Per a distingir-los de la substància en estat gasós, a la fórmula cal afegir el subíndex (**aq**).

Per exemple, el sulfur d'hidrogen (H_2S) és un gas que en solució aquosa té caràcter àcid, de manera que es representa per **H₂S_(aq)**. En la nomenclatura tradicional rep el nom de *àcid sulfhídric*, el qual encara s'utilitza en molts textos.

Un cas especial seria el compost format per oxigen i hidrogen (**H₂O**). L'oxigen és més electronegatiu que no pas l'hidrogen, per tant se situa a la dreta de la fórmula. Estrictament seria un òxid, però es coneix simplement amb el nom de **aigua**. Només té característiques àcides quan es troba en presència d'una substància de caràcter més bàsic, i no es considera un hidrur àcid com la resta de compostos esmentats en aquest apartat.

Quan una molècula d'aigua perd un catió hidrogen o **hidró** (H^+), s'obté l'anió hidròxid (OH^-). Si, en canvi, s'hi addiciona un hidró es converteix en un catió poliatòmic conegut amb el nom de catió **oxoni** (**H₃O⁺**).

4.2.2. Altres hidrurs no metàl·lics

Quan l'hidrogen es combina amb els no-metalls situats a la seva esquerra en la sèrie d'electronegativitats, s'obtenen hidrurs que en solució aquosa no són àcids. Es formulen amb l'hidrogen a la dreta.

Són els hidrurs dels no-metalls dels grups de la taula periòdica encapçalats pel bor, el carboni i el nitrogen.

S'anomenen amb els següents noms trivials:

BH₃	borà	CH₄	metà	NH₃	amoníac
		SiH₄	silà	PH₃	fosfina
				AsH₃	arsina
				SbH₃	estibina

De l'amoníac (NH₃) deriva un catió poliatòmic que rep el nom *amoni* (NH₄⁺). L'amoni és una molècula d'amoníac que ha incorporat un hidró. Aquest catió forma compostos de la mateixa manera que els cations metàl·lics simples. No s'ha de confondre *amoníac* (compost neutre) i *amoni* (ió positiu).

5. Oxoàcids

Els oxoàcids són compostos de fórmula general $H_xE_yO_z$, en què H és hidrogen, O és oxigen i E és un no-metall amb estat d'oxidació positiu o bé algun metall de transició amb estat d'oxidació elevat; x, y i z són els nombres que indiquen les proporcions dels àtoms respectius en el compost.

											B	C	N			
												Si	P	S	Cl	
					Cr	Mn							As	Se	Br	
														Te	I	

Figura 2. Principals elements que formen oxoàcids

Són àcids perquè contenen àtoms d'hidrogen que poden desprendre's amb certa facilitat en forma d'hidrons. Aquests àtoms d'hidrogen estan enllaçats a àtoms d'oxigen. Es diuen oxoàcids perquè, a diferència dels hidròcids, contenen àtoms d'oxigen en la molècula.

5.1. Oxoàcids més simples

Les fórmules dels oxoàcids més simples es poden obtenir afegint una molècula d'aigua a l'òxid de l'element E en el mateix estat d'oxidació.

Per a anomenar-los es fan servir les mateixes normes que s'han exposat per als compostos estudiats fins ara i que la IUPAC reconeix com a nomenclatures sistemàtiques.

Cal esmentar, però, que molts dels oxoàcids inorgànics són compostos coneguts des de l'inici de l'estudi de la química. Abans, la nomenclatura no estava tan sistematitzada i això feia que aquests compostos s'anomenessin amb noms que ara no compleixen les normes actuals proposades per la IUPAC. Alguns d'aquests noms, que són **semisistemàtics**, segueixen vigents en el llenguatge quotidià i constitueixen la **nomenclatura tradicional**.

Els noms que les **nomenclatures sistemàtiques** donen a les substàncies són sovint llargs i complicats. Això, juntament amb el fet que el nom tradicional està encara molt arrelat, fa que la IUPAC respecti aquests noms per als oxoàcids de no-metalls més importants.

La nomenclatura sistemàtica comporta fer una lectura estequiomètrica estricta de la fórmula o bé indicar l'estat d'oxidació de l'element característic, que en el cas dels oxoàcids se simbolitza amb la lletra E. També es pot indicar la càrrega de l'anió (oxoanió) que en resulta: $(E_yO_z)^{x-}$. La nomenclatura estequiomètrica no exigeix la deducció de

l'estat d'oxidació de l'element E en les fórmules dels oxoàcids, com passa en les altres nomenclatures.

Per a anomenar un oxoàcid a partir de la fórmula, s'ha de començar per distingir-lo d'altres compostos. La taula 5 mostra dos grups de compostos que cal diferenciar.

Taula 5. Distinció entre hidròxids i oxoàcids

hidròxids	oxoàcids
Al(OH) ₃	H ₂ SeO ₄
NaOH	HClO
Mn(OH) ₂	HMnO ₄

S'observa com en un hidròxid la part negativa del compost és la de l'hidròxid i la part positiva és el catió metàl·lic. En un oxoàcid, la part positiva és la que correspon a l'hidrò i la part negativa a l'agrupació formada per l'element característic i l'oxigen, grup que constitueix l'anió (oxoanió).

Un cop se sap que una fórmula correspon a un oxoàcid, el pas següent és saber l'estat d'oxidació de l'element característic E. S'ha de tenir present que, com en el cas dels òxids, l'oxigen presenta estat d'oxidació -2 i l'hidrogen + 1. L'estat d'oxidació de l'element E serà el que li pertorqui per tal que el compost sigui elèctricament neutre. Així, en el cas del compost H₂SeO₄, quatre àtoms d'oxigen aporten 8 càrregues negatives al compost, i dos àtoms d'hidrogen aporten 2 càrregues positives al compost. Per tant, calen 6 càrregues positives per a compensar elèctricament el compost, que són les que corresponen a l'àtom de seleni; l'estat d'oxidació del seleni en aquest cas és + 6.

D'altra banda, també pot interessar la càrrega de l'agrupació atòmica constituïda pel seleni i l'oxigen, és a dir, la càrrega de l'oxoanió. Atès que els ions hidrogen aporten en conjunt dues càrregues positives, l'oxoanió ha de tenir una càrrega total de -2, i es representa SeO₄²⁻.

El coneixement de l'estat d'oxidació de l'element E o de la càrrega de l'oxoanió és molt útil per a anomenar un compost.

5.1.1. Nomenclatura tradicional

El nom de l'oxoàcid és format pel terme **àcid** i un adjectiu que indica l'estat d'oxidació de l'element E amb l'ajut dels prefixos **hipo-** i **per-** i dels sufixos **-ic** i **-ós** afegits a l'arrel del nom de l'element.

En el cas que l'element E tingui un sol estat d'oxidació positiu, el nom de l'àcid acaba sempre en **-ic**. Així, l'oxoàcid de l'element carboni s'anomena **àcid carbònic**.

Però la majoria de no-metalls que formen oxoàcids tenen més d'un estat d'oxidació. Es diferencien les situacions següents segons el nombre d'estat d'oxidació que presenti l'element.

Taula 6. Prefixos i sufixos per a no-metalls amb diferents estats d'oxidació

estats d'oxidació	ordre de prefixos i sufixos
2	-ós (estat d'oxidació més baix) -ic (estat d'oxidació més alt)
3	hipo...-ós (estat d'oxidació més baix) -ós -ic (estat d'oxidació més alt)
4	hipo...-ós (estat d'oxidació més baix) -ós -ic per...-ic (estat d'oxidació més alt)

Cal fer notar que no tots els estats d'oxidació positius d'un no-metall generen oxoàcids. És el cas del nitrogen, del qual només es coneixen oxoàcids quan actua amb estats d'oxidació + 1, + 3 i + 5.

A continuació es dedueixen les **fórmules** de l'àcid sulfúric i de l'àcid perclòric mitjançant la nomenclatura tradicional:

Àcid sulfúric. Es tracta d'un oxoàcid en què l'element central és el sofre. D'acord amb els estats d'oxidació indicats a la taula 1, el sofre en té dos de positius: + 4 i + 6. L'acabament del nom usant el sufix *-ic* indica, en aquest cas, que l'element es troba en l'estat d'oxidació més elevat, + 6. La fórmula de l'oxoàcid es pot obtenir suposant que primer es combina l'element amb oxigen per a donar un òxid, que, en aquest cas serà SO_3 , i que posteriorment aquest òxid es combina amb una molècula d'aigua. Llavors la fórmula de l'oxoàcid és H_2SO_4 .

Àcid perclòric. En aquest cas cal remarcar el prefix *per-* i el sufix *-ic* afegits a l'arrel del nom del clor. Com que aquest element pot trobar-se en quatre estats d'oxidació diferents segons la taula 1 (+ 1, + 3, + 5 i + 7), es dedueix que, en aquest cas, l'estat d'oxidació és el més elevat, + 7. La fórmula de l'oxoàcid es pot obtenir per la reacció amb aigua de l'òxid de clor amb l'estat d'oxidació (7+). La fórmula serà doncs, HClO_4 , ja que aquesta és l'expressió més simple de la combinació d'aquests tres elements en les condicions indicades. S'han simplificat els subíndexs perquè tots són múltiples de 2.

A continuació es dedueix el **nom** dels compostos H_2SeO_4 i HClO mitjançant la nomenclatura tradicional.

L'estat d'oxidació del seleni en el compost H_2SeO_4 és + 6, el major dels estats d'oxidació positius que consta a la taula 1 per a aquest element. El seu nom és **àcid selènic**.

L'estat d'oxidació del clor en el compost HClO és +1, el menor dels quatre estats d'oxidació positius de la taula 1. El nom és **àcid hipoclorós**.

Un cas especial són els oxoàcids del crom i del manganès. El crom amb estat d'oxidació +6 forma l'àcid cròmic, H_2CrO_4 . El manganès amb estat d'oxidació +7 forma l'àcid permangànic, HMnO_4 .

5.1.2. Nomenclatures sistemàtiques

Les fórmules de les substàncies es poden considerar constituïdes per dues parts. La primera, la que s'escriu més a l'esquerra, constitueix la part positiva del compost; en els oxoàcids és la formada per l'element hidrogen. La segona representa la part negativa del compost; en els oxoàcids és formada pel conjunt de l'element característic i l'oxigen, l'oxoanió.

La IUPAC proposa anomenar els oxoàcids seguint normes similars a les que s'han descrit per als compostos binaris. D'una banda, es pot fer una lectura estequiomètrica (tot indicant la proporció de cada element) i, de l'altra, es pot indicar l'estat d'oxidació de l'element característic o la càrrega de l'oxoanió. Per als oxoàcids la IUPAC proposa dues nomenclatures sistemàtiques o força sistemàtiques, la **nomenclatura d'hidrogen** i la **nomenclatura àcida**.

En la **nomenclatura d'hidrogen**, el nom consta de dues paraules. La primera és el **nom de l'anió**, que es construeix indicant la quantitat d'àtoms d'oxigen presents amb l'ús d'un prefix multiplicador (*di-*, *tri-*, *tetra-*, etc.) seguit de l'arrel nom de l'element acabat en **-at** per a indicar que el conjunt és negatiu. Cal destacar que aquí l'oxigen es diu **oxo** i no *òxid* com en els compostos binaris. A continuació es pot indicar el nombre d'oxidació de l'element (amb xifres romanes entre parèntesis) o bé la càrrega formal de l'anió (amb la xifra aràbiga i el signe entre parèntesis). La segona paraula és constituïda pel mot **hidrogen** amb el prefix multiplicador quan sigui necessari.

Vegeu com s'anomenaria el compost **H₂SO₄**, que, en la nomenclatura tradicional, és l'àcid sulfúric. En primer lloc, es determina l'estat d'oxidació del sofre al compost, que és +6. La càrrega de l'oxoanió és -2 (es pot escriure SO₄²⁻). Així, els noms sistemàtics segons la nomenclatura d'hidrogen poden ser:

H₂SO₄ tetraoxosulfat(VI) de dihidrogen
 tetraoxosulfat(VI) d'hidrogen
 tetraoxosulfat(2-) de dihidrogen
 tetraoxosulfat(2-) d'hidrogen

És redundant indicar l'estat d'oxidació de l'element central o la càrrega de l'oxoanió i, a més, el nombre d'àtoms d'hidrogen que hi ha a la fórmula. Per això es pot prescindir del prefix *di-* davant del mot *hidrogen*, si s'indica la quantitat d'àtoms d'oxigen i l'estat d'oxidació del sofre o la càrrega total de l'anió. Es pot deduir directament la quantitat d'àtoms d'hidrogen necessaris perquè el conjunt ha de ser neutre.

El nom pot quedar definit com a:

tetraoxosulfat(VI) d'hidrogen
tetraoxosulfat(2-) d'hidrogen
tetraoxosulfat de dihidrogen

En el darrer cas no és imprescindible conèixer l'estat d'oxidació del sofre.

En la **nomenclatura àcida**, el nom consta també de dues paraules. La primera és el mot **àcid** i la segona es construeix indicant la quantitat d'àtoms d'oxigen que hi ha amb els prefixos multiplicadors seguits de l'arrel del nom de l'element acabat en **-ic**. A continuació es pot indicar el nombre d'oxidació de l'element (amb xifres romanes

entre parèntesis) o bé la càrrega formal de l'anió (amb la xifra aràbiga i el signe entre parèntesis). A diferència de la nomenclatura tradicional, el sufix *-ic* no és indicatiu de l'estat d'oxidació de l'element.

Aquesta nomenclatura no és tan recomanada com l'anterior perquè, en usar el mot *àcid*, fa referència a una propietat química de la substància que va més enllà del que són estrictament normes de nomenclatura. A més, el caràcter àcid d'una substància és relatiu (una substància és àcida o no segons les característiques àcides de les substàncies amb què es combina), per tant, no sembla correcte introduir aquesta propietat de manera explícita al nom. Tot i això, el fet que ajudi a identificar i reconèixer substàncies molt conegudes fa que aquesta nomenclatura segueixi vigent en molts casos.

Segons la nomenclatura àcida, el mateix compost s'anomenaria:

H₂SO₄ àcid tetraoxosulfúric(VI)
 àcid tetraoxosulfúric(2-)

Com sempre, s'ha d'escollir el tipus de nomenclatura en funció de què interressi destacar; només cal assegurar que no hi ha confusió possible. En tots els casos es pot prescindir de prefixos, si no són necessaris per a identificar el compost (vegeu la taula 7).

Taula 7. Noms d'oxoàcids segons les dues nomenclatures

fórmula	nom tradicional	nom sistemàtic nomenclatura d'hidrogen	nom sistemàtic nomenclatura àcida
H ₂ SO ₄	àcid sulfúric	tetraoxosulfat(VI) d'hidrogen tetraoxosulfat(2-) d'hidrogen tetraoxosulfat de dihidrogen	àcid tetraoxosulfúric(VI) àcid tetraoxosulfúric(2-)
HClO ₂	àcid clorós	dioxoclorat(III) d'hidrogen dioxoclorat(1-) d'hidrogen dioxoclorat d'hidrogen	àcid dioxocloric(III) àcid dioxocloric(1-)

Formular a partir de les nomenclatures sistemàtiques és més simple que en el cas de la nomenclatura tradicional. Consisteix a llegir acuradament el nom i deduir la composició de la fórmula, com es pot veure en els exemples següents:

Trioxofosfat(V) d'hidrogen. L'element característic és el fòsfor amb estat d'oxidació 5+. Es tracta d'un compost el catió del qual és l'hidrogen i l'anió, el trioxofosfat(V). Del nombre d'àtoms d'oxigen de l'anió i de l'estat d'oxidació del fòsfor es dedueix que la càrrega de l'oxoanió és -1. Es tracta de l'anió PO₃⁻. En conseqüència, la fórmula serà HPO₃.

Trioxosilicat(2-) d'hidrogen. L'element característic és el silici i l'anió és el trioxosilicat(2-), és a dir, SiO₃²⁻. Per tant, la fórmula serà H₂SiO₃. No és imprescindible conèixer l'estat d'oxidació del silici. Tot i això, es pot determinar i és + 4.

Tetraoxocromat de dihidrogen. La fórmula és dedueix directament de la lectura del nom. Hi ha quatre àtoms d'oxigen, un àtom de crom i dos àtoms d'hidrogen. Tenint en compte l'ordre d'electronegativitats dels elements, la fórmula resultant és H₂CrO₄.

Àcid trioxocarbònic(IV). És un oxoàcid en el qual l'element característic és el carboni amb estat d'oxidació + 4. Es col·loquen els elements que constitueixen l'oxoàcid, primer l'hidrogen, després el carboni i finalment l'oxigen. Cal tenir present que el nom indica que per a cada àtom de carboni n'hi ha tres d'oxigen; per tant, H_xCO_3 . Atès que el carboni aporta quatre càrregues positives i l'oxigen un total sis negatives, l'oxoanió té dues càrregues negatives, CO_3^{2-} . La fórmula de l'oxoàcid, que ha de ser neutre, és H_2CO_3 .

5.2. Oxoàcids polihidratats

Hi ha elements no metàl·lics (bor, silici, fòsfor, arseni, tel·luri i iode, entre altres) dels quals es coneix més d'un àcid amb el mateix estat d'oxidació de l'element característic i una proporció diferent d'àtoms d'oxigen i d'hidrogen. Això indica que es pot interpretar la fórmula de l'oxoàcid com el resultat de la combinació de l'òxid de l'element amb més d'una molècula d'aigua.

En la nomenclatura tradicional, com que l'element característic es troba en el mateix estat d'oxidació, cal utilitzar prefixos nous per a designar la quantitat d'aigua i mantenir els que indiquen l'estat d'oxidació. S'utilitza el prefix *meta-* quan es refereix al compost menys hidratat i el prefix *orto-* quan conté una major proporció d'aigua.

A la taula 8 es pot observar que tots els compostos *meta* han afegit una molècula d'aigua. En els compostos *orto* el nombre de molècules d'aigua és variable, però en cada un d'ells l'addició és la màxima.

Taula 8. Àcids polihidratats d'alguns elements amb la nomenclatura tradicional

element	estat d'oxidació	fórmula del metaoxoàcid	nom del metaoxoàcid	fórmula de l'ortooxoàcid	molècules d'aigua afegides	nom de l'ortooxoàcid
B	+3	HBO_2	àcid metabòric	H_3BO_3	3	àcid ortobòric (àcid bòric)
Si	+4	H_2SiO_3	àcid metasilícic	H_4SiO_4	2	àcid ortosilícic
P	+5	HPO_3	àcid metafosfòric	H_3PO_4	3	àcid ortofosfòric (àcid fosfòric)
P	+3			$H_2PHP_3^*$ H_3PO_3	3	àcid fosfònic (àcid ortofosforós)
P	+1			HPH_2O^* H_3PO_2	3	àcid fosfínic
As	+5			H_3AsO_4	3	àcid ortoarsènic (àcid arsènic)
As	+3			H_3AsO_3	3	àcid ortoarseniós (àcid arseniós)
Te	+6			H_6TeO_6	3	àcid ortotel·lúric (àcid tel·lúric)
I	+7	HIO_4	àcid metaperiòdic (àcid periòdic)	H_5IO_6	5	àcid ortoperiòdic

*Vegeu l'apartat 6.1.1

Amb tot, la IUPAC recomana utilitzar les nomenclatures sistemàtiques per a aquests compostos, ja que no necessiten introduir nous prefixos que encara compliquen més l'obtenció del nom o la identificació del compost (vegeu la taula 9).

Taula 9. Àcids polihidratats d'alguns elements amb la nomenclatura tradicional

nomenclatura	HPO ₃	H ₃ PO ₄
nomenclatura tradicional	àcid metafosfòric	àcid ortofosfòric
nomenclatura d'hidrogen	trioxofosfat(V) d'hidrogen trioxofosfat(1-) d'hidrogen trioxofosfat d'hidrogen	tetraoxofosfat(V) d'hidrogen tetraoxofosfat(3-) d'hidrogen tetraoxofosfat de trihidrogen
nomenclatura àcida	àcid trioxofosfòric(V) àcid trioxofosfòric(1-)	àcid tetraoxofosfòric(V) àcid tetraoxofosfòric(3-)

5.3. Homopoliàcids

Els homopoliàcids (o *isopoliàcids*) són els compostos resultants de la condensació de n molècules d'oxoàcid iguals amb la pèrdua de $n - 1$ molècules d'aigua.

Segons la nomenclatura tradicional s'anomenen amb els prefixos *di-*, *tri-*, *tetra-*, etc. davant del nom, de manera que quedi indicada la quantitat de molècules d'àcid que es condensen.

Els més coneguts són els diàcids. Per a formular-los, s'han de considerar com a condensació de dues molècules d'àcid amb pèrdua d'una molècula d'aigua.

Per exemple, l'àcid dicròmic és l'àcid doble de l'àcid cròmic. L'àcid cròmic és l'oxoàcid del crom amb estat d'oxidació + 6, H₂CrO₄. La formació de l'àcid doble es recull en la figura 3.

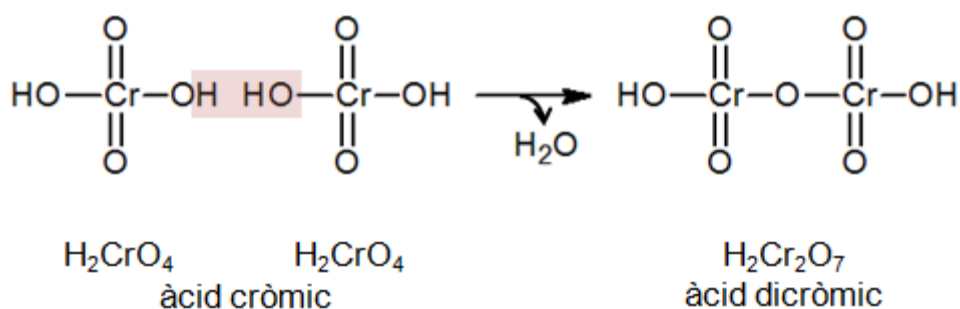


Figura 3. Formació de l'àcid dicròmic

Cal remarcar que l'estat d'oxidació del crom a l'àcid dicròmic també és + 6.

Aquests oxoàcids es poden anomenar també d'acord amb les nomenclatures sistemàtiques sense necessitat d'introduir nous conceptes de nomenclatura. Així, el compost H₂Cr₂O₇ s'anomena *heptaoxidicromat(VI) d'hidrogen*, o *heptaoxidicromat(2-) d'hidrogen*, o *àcid heptaoxidicròmic(VI)*, o *heptaoxidicromat de dihidrogen*.

5.4. Peroxoàcids i tioàcids

Els **peroxoàcids** són compostos que resulten de substituir una espècie O^{2-} (oxo) d'un oxoàcid, per l'agrupació O_2^{2-} (peroxo).

Si l'espècie l'oxo d'un oxoàcid se substitueix per l'entitat S^{2-} , el compost que en resulta és un **tioàcid**.

Segons la nomenclatura tradicional, els peroxoàcids s'anomenen anteposant el prefix **peroxo-** al nom de l'àcid mentre que per als tioàcids s'utilitza el prefix **tio-**. En cas de substituir més d'un oxo, cal indicar-ho amb els prefixos di-, tri-, etc.

Davant d'una fórmula, aquests compostos es reconeixen quan, en determinar l'estat d'oxidació de l'element característic, s'obté un valor anòmal.

En la taula 10 es veu com en el cas de l'àcid sulfúric, tots els àtoms d'oxigen prenen la forma oxo (O^{2-}). En l'àcid peroxosulfúric hi ha tres oxígens en forma oxo i una agrupació peroxo (O_2^{2-}). Finalment, l'àcid tiosulfúric té tots els oxígens en forma oxo però es pot observar que un dels oxo de l'àcid sulfúric ha estat substituït per un S^{2-} , el qual es posa de manifest amb el prefix *tio-*.

Taula 10. Oxoàcid, peroxoàcid i tioàcid del sofre(VI)

fórmula de l'espècie	fórmula del compost	nom del compost
O^{2-}	H_2SO_4	àcid sulfúric
O_2^{2-}	$H_2SO_3(O_2)$	àcid peroxosulfúric
S^{2-}	$H_2S_2O_3$	àcid tiosulfúric

Per exemple, el compost de fórmula **HNO₄** és un peroxoàcid. Si es determina l'estat d'oxidació del nitrogen, s'obté el valor + 7 i no és pas un dels seus estats d'oxidació característics. L'àcid HNO₄, cal considerar-lo com HNO₂(O₂). S'ha substituït un oxo (O^{2-}) de l'àcid nítric (HNO₃) per un peroxo (O_2^{2-}). El seu nom tradicional és *àcid peroxonítric*.

L'àcid peroxonitrós és el que resulta de substituir un oxo de l'àcid nitrós (HNO₂) per un peroxo, amb la qual cosa s'obté un compost de fórmula empírica HNO₃. Lògicament es pot confondre amb l'àcid nítric. Per a evitar-ho, s'escriu el peroxo explícitament. L'àcid de fórmula HNO₃ s'anomena *àcid nítric*, en canvi, l'àcid peroxonitrós es formula **HOONO** o bé **HNO(O₂)**.

Quan se substitueix un oxo de l'àcid sulfúric (H₂SO₄) per un S^{2-} , s'obté un àcid de fórmula H₂SO₃S (més conegut per **H₂S₂O₃**). Aquest compost té com a nom tradicional *àcid tiosulfúric*.

Amb la nomenclatura sistemàtica s'haurien d'anomenar:

HNO₂(O₂) *dioxoperoxonitrat(1-) d'hidrogen* (té dos oxo i un peroxo)

H₂S₂O₃ *trioxotiosulfat d'hidrogen* (té tres oxo i un S^{2-})

Tal com s'ha pogut veure, la manera d'obtenir les fórmules segons la nomenclatura tradicional és molt llarga i utilitza conceptes de química que, encara que siguin elementals, surten del camp estricte de la nomenclatura. Aquest factor i l'especificitat del nom fan que no sigui recomanable l'ús generalitzat d'aquesta nomenclatura. La IUPAC la segueix acceptant per a aquells àcids més usals (vegeu la taula 11).

Taula 11. Noms tradicionals d'oxoàcids importants acceptats per la IUPAC

fórmula	nom tradicional	fórmula	nom tradicional
H ₃ BO ₃	àcid ortobòric	HMnO ₄	àcid permangànic
(HBO ₂) _n	àcid bòric àcid metabòric	H ₂ SO ₄	àcid sulfúric
H ₂ CO ₃	àcid carbònic	H ₂ S ₂ O ₇	àcid disulfúric
H ₄ SiO ₄	àcid ortosilícic	H ₂ SO ₅	àcid peroxomonosulfúric
(H ₂ SiO ₃) _n	àcid metasilícic	H ₂ S ₂ O ₈	àcid peroxodisulfúric
HNO ₃	àcid nítric	H ₂ S ₂ O ₃	àcid tiosulfúric
HNO ₂ (O ₂)	àcid peroxonítric	H ₂ SO ₃	àcid sulfurós
HNO ₂	àcid nítrós	H ₂ S ₂ O ₅	àcid disulfurós
HNO(O ₂)	àcid peroxonitrós	H ₂ S ₂ O ₂	àcid tiosulfurós
H ₃ PO ₄	àcid ortofosfòric	H ₂ SeO ₄	àcid selènic
H ₄ P ₂ O ₇	àcid difosfòric	H ₂ SeO ₃	àcid selenós
(HPO ₃) _n	àcid metafosfòric	H ₆ TeO ₆	àcid ortotel·lúric
H ₄ P ₂ O ₈	àcid peroxodifosfòric	H ₂ CrO ₄	àcid cròmic
H ₂ PHO ₃	àcid fosfònic	H ₂ Cr ₂ O ₇	àcid dicròmic
H ₂ P ₂ H ₂ O ₅	àcid difosfònic	HClO ₄	àcid perclòric
HPH ₂ O ₂	àcid fosfínic	HClO ₃	àcid clòric
H ₃ AsO ₄	àcid arsènic	HClO ₂	àcid clorós
H ₃ AsO ₃	àcid ortoarsènic àcid arsenós àcid ortoarsenós	HBrO ₃	àcid bròmic
		H ₅ IO ₆	àcid ortoperiòdic
		HIO ₄	àcid periòdic

Cal esmentar que l'àcid metabòric, l'àcid metasilícic i l'àcid metafosfòric poden presentar, a més, un estat de polimerització diferent i poden existir com a agrupacions de més d'una molècula. La magnitud de la polimerització s'indica en la fórmula amb un subíndex que afecta tota la molècula i l'àcid s'anomena amb el prefix numeral corresponent. Així, l'àcid trimetabòric és el que té per fórmula **(HBO₂)₃**.

De manera general, els diferents àcids metabòrics s'indiquen amb un subíndex *n* que afecta tota la fórmula, **(HBO₂)_n**, essent *n* un nombre natural. Els noms sistemàtics serien, per exemple, *poli[dioxoborat(1-) d'hidrogen]* o *àcid polidioxobòric*.

6. Oxoanions i oxosals

6.1. Oxoanions

Quan un oxoàcid perd algun hidró (H^+) es converteix en un oxoanió de càrrega negativa igual al nombre d'hidrons perduts.

Segons la **nomenclatura tradicional**, els anions s'anomenen amb terminacions diferents relacionades amb el nom de l'àcid del qual provenen. Cal recordar que aquesta nomenclatura indica l'estat d'oxidació de l'element característic d'un compost mitjançant prefixos i sufixos. L'anió que s'obté de l'àcid el nom del qual acabava en *-ós* s'anomena amb la terminació **-it**. L'anió resultant de l'àcid el nom del qual acabava en *-ic* s'anomena amb la terminació **-at**.

Exemples:

HNO_2	àcid nítrós
NO_2^-	ió nítrit
H_2CO_3	àcid carbònic
CO_3^{2-}	ió carbonat

La **nomenclatura sistemàtica** més usada consisteix a anomenar sempre l'anió amb el sufix **-at** indicant entre parèntesi l'estat d'oxidació de l'element central expressat en xifres romanes o la càrrega formal de l'ió en xifres aràbigues.

Exemples:

HNO_2	àcid dioxonítric(III) dioxonitrat(III) d'hidrogen dioxonitrat(1-) d'hidrogen	NO_2^-	ió dioxonitrat(III) ió dioxonitrat(1-)
H_2CO_3	àcid trioxocarbònic(IV) trioxocarbonat(IV) d'hidrogen trioxocarbonat(2-) d'hidrogen	CO_3^{2-}	ió trioxocarbonat(IV) ió trioxocarbonat(2-)

6.1.1. Oxoanions amb hidrogen

És possible que un àcid no perdi tots els hidrògens de la molècula. Aleshores, a l'anió que es forma encara n'hi queden. El nom que rebí aquest anió ha de ser diferent del que tindria si els hagués perdut tots.

Si l'anió format encara manté un hidrogen, es posa el prefix **hidrogen-** davant del nom de l'anió. Si n'hi resten dos, el prefix que s'ha d'utilitzar és **dihidrogen-**.

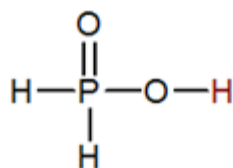
Exemple:

H_3PO_4	àcid fosfòric
PO_4^{3-}	anió fosfat
HPO_4^{2-}	anió hidrogenfosfat
$H_2PO_4^-$	anió dihidrogenfosfat

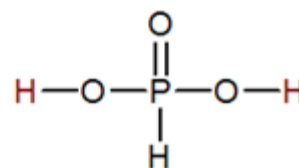
Alguns dels oxoàcids derivats del fòsfor que es recullen en la taula 11 tenen àtoms d'hidrogen que no donen propietats àcides al compost, ja que, en lloc d'estar units a un àtom d'oxigen, ho estan directament a l'àtom de fòsfor. La presència d'aquests àtoms d'hidrogen s'indica escrivint-los a la fórmula entre els àtoms de fòsfor i d'oxigen. Aquests àtoms d'hidrogen no es poden perdre, només es poden alliberar els del principi de la fórmula.

Exemple:

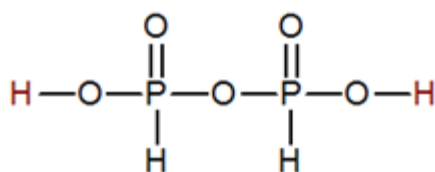
H_2PHO_3 àcid fosfònic
 HPH_2O_2 àcid fosfínic



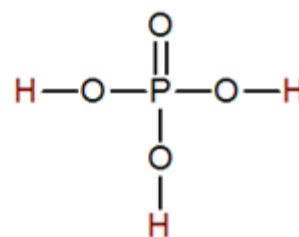
HPH_2O_2 (H_3PO_2)
 àcid fosfínic



H_2PHO_3 (H_3PO_3)
 àcid fosfònic



$\text{H}_2\text{P}_2\text{H}_2\text{O}_5$ ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$)
 àcid difosfònic



H_3PO_4
 àcid fosfòric

Figura 4. Quatre oxoàcids del fòsfor amb els àtoms d'hidrogen àcids marcats

Quan s'han eliminat tots els hidrons, l'anió resultant s'ha d'anomenar sense els prefixos *hidrogen-* o *dihidrogen-*, malgrat que encara quedin un o dos àtoms d'hidrogen (no són àcids).

Exemple:

H_2PHO_3 àcid fosfònic
 HPHO_3^- anió hidrogenfosfonat
 PHO_3^{2-} anió fosfonat
 PH_2O_2^- anió fosfinat

6.2. Oxosals

La unió d'un oxoanió amb un catió metàl·lic dóna una sal anomenada *oxosal*.

Per a formular una oxosal s'ha de col·locar sempre el catió metàl·lic a l'esquerra i l'anió a la dreta. Per a anomenar-la, cal escriure el nom de l'anió seguit del nom del

catió. L'anió es pot anomenar utilitzant qualsevol de les nomenclatures estudiades. Convé reservar el nom tradicional per a aquells ions que deriven d'àcids el nom tradicional dels quals accepta la IUPAC.

La participació de l'anió i el catió en la fórmula s'indicarà per mitjà de prefixos multiplicadors. Quan no hi hagi possibilitat de confusió, es podran ometre els prefixos o les indicacions d'estat d'oxidació que no siguin necessàries.

A continuació, es formulen i anomenen diversos exemples.

Sulfat de coure(I): L'anió sulfat, nom que pertany a la nomenclatura tradicional, és el SO_4^{2-} i conté el sofre amb estat d'oxidació + 6. El catió coure(I) és el Cu^+ . La combinació dels dos ions per a donar un compost neutre és **Cu_2SO_4** .

Segons la nomenclatura sistemàtica el mateix compost s'anomena *tetraoxosulfat(VI) de coure(I)* o *tetraoxosulfat(2-) de coure(1+)* o *tetraoxosulfat de dicoure*.

$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$: Aquest compost conté l'anió CO_3^{2-} , que és l'anió carbonat, en el qual l'estat d'oxidació del carboni és + 4. També conté el catió Fe^{3+} . Per això, segons la nomenclatura tradicional s'anomena **carbonat de ferro(III)**.

Amb la nomenclatura sistemàtica es pot anomenar *tetraoxocarbonat(IV) de ferro(III)*, si es vol fer constar l'estat d'oxidació dels elements que participen en el compost. Si se'n vol fer una lectura estequiomètrica cal destacar que hi ha tres agrupacions aniòniques per cada dos cations: *tris(tetraoxocarbonat) de diferro*. En aquest darrer cas, cal indicar els tres anions poliatòmics amb el prefix multiplicador. Per a evitar la confusió amb els prefixos propis de l'anió, s'utilitzen els prefixos grecs *bis-*, *tris-*, *tetrakis-*, etc.

El crom i el manganès són dos elements de característiques especials. Tot seguit es resumeixen la formulació i la nomenclatura tradicional dels òxids, oxoanions i oxosals més importants que els contenen.

Crom com a catió:

Cr(2+)	ió crom(II)	CrO	òxid de crom(II)
Cr(3+)	ió crom(III)	Cr ₂ O ₃	òxid de crom(III)

Crom en l'anió, Cr(6+):

CrO ₄ ²⁻	ió cromat	K ₂ CrO ₄	cromat de potassi
Cr ₂ O ₇ ²⁻	ió dicromat	K ₂ Cr ₂ O ₇	dicromat de potassi

Manganès com a catió:

Mn(2+)	ió manganès(II)	MnO	òxid de manganès(II)
Mn(4+)	ió manganès(IV)	MnO ₂	òxid de manganès(IV)

Manganès en l'anió, Mn(7+):

MnO ₄ ⁻	ió permanganat	KMnO ₄	permanganat de potassi
-------------------------------	----------------	-------------------	------------------------

6.2.1. Sals àcides

Les sals àcides són les sals formades per la unió d'un catió metàl·lic amb un anió que encara conté àtoms d'hidrogen que es poden desprendre en forma d'hidrons. S'anomenen així perquè encara mantenen propietats àcides. Per exemple:

KHSO_4 hidrogensulfat de potassi
hidrogensulfat(VI) de potassi

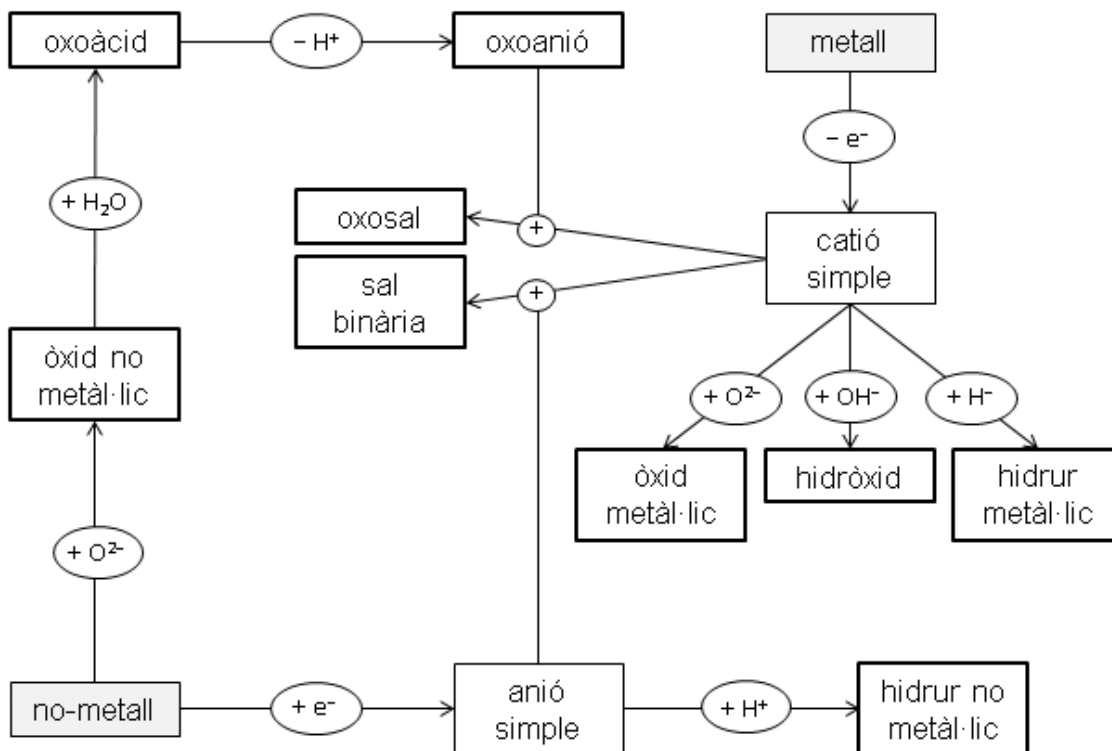


Figura 5. Relació d'alguns compostos inorgànics

7. Sals hidratades

Moltes sals citades es presenten tant al laboratori com a la natura en forma de compostos d'addició amb algunes molècules d'aigua en la seva estructura molecular. Aleshores s'anomenen *sals hidratades*. A l'hora d'anomenar els compostos d'addició cal unir els noms dels compostos individuals amb un guió llarg i indicar la proporció de cada espècie entre parèntesis amb xifres aràbigues separades per una barra inclinada. Les sals hidratades també es poden anomenar afegint, darrere del nom de la sal, el mot **hidrat** precedit del prefix que indiqui el nombre de molècules d'aigua existents a l'estructura.

Per exemple, el sulfat de coure(II) es presenta sempre com a **CuSO₄·5H₂O** i s'anomena *sulfat de coure(II)—aigua (1/5)*. També es podria anomenar *sulfat de coure(II) pentahidrat*.

El guix és un exemple de mineral que conté aigua en la seva estructura. Té la fórmula **CaSO₄·2H₂O** i s'anomena *sulfat de calci—aigua (1/2)* o *sulfat de calci dihidrat*.

8. Òxids, hidròxids i sals dobles, triples, etc.

Cal considerar en aquest apartat aquells compostos que contenen més d'un sol anió o més d'un sol catió.

Com sempre, s'han de formular els cations a l'esquerra i els anions a la dreta. Dintre de cada grup, s'han d'escriure els ions per ordre alfabètic.

A l'hora d'anomenar-los, s'han de citar primer els anions per ordre alfabètic (seguit, si es vol o cal, del mot *doble*, *triple*, etc. entre parèntesis) i després els noms dels cations també per ordre alfabètic.

Sovint es fa necessari indicar la proporció en què participa cada ió en el compost mitjançant els prefixos multiplicadors.

Com a compostos d'aquest tipus es poden distingir:

- Els **òxids dobles**, que contenen l'anió O^{2-} i més d'un catió.

$CuZnO_2$ diòxid (doble) de coure(II) i zinc

- Els **hidròxids dobles**, que contenen l'anió OH^- i més d'un catió.

$NaK(OH)_2$ dihidròxid (doble) de potassi i sodi

- Les **sals dobles**, que poden ser-ho per part dels anions o per part dels cations. Per exemple:

$CaMg(CO_3)_2$ bis(carbonat) (doble) de calci i magnesi
 $MgClF$ clorur fluorur de magnesi

- Les **sals bàsiques**, que antigament s'anomenaven **hidroxisals** o **oxisals**, segons que, a part d'un altre anió, incloguessin l'anió OH^- o l'anió O^{2-} , respectivament.

$Cu_2CO_3(OH)_2$ dihidroxicarbonat de coure(II) o dihidroxicarbonat de dicoure
 $BiClO$ oxiclорur de bismut(III)

L'anió OH^- s'ha d'anomenar *hidroxi-* i s'ha de citar abans que l'altre anió.

L'anió O^{2-} s'ha d'anomenar *oxi-* i s'ha de citar abans que l'altre anió.

Molts minerals tenen composicions químiques corresponents a òxids, hidròxids i sals dobles o triples. A continuació se n'esmenten alguns exemples:

dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	bis(carbonat) (doble) de calci i magnesi
aturita	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	dihidroxibis(carbonat) de tricoure
malaquita	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	dihidroxicarbonat de dicoure

Un altre exemple d'òxid doble és el mini, molt utilitzat per a la protecció antioxidant del ferro. La seva fórmula és Pb_3O_4 o, més estrictament, $Pb^{II}_2Pb^{IV}O_4$, i s'anomena *tetraòxid de diplom(II) i plom(IV)*.

9. Complexos

El coneixement químic dels **complexos** (també anomenats **compostos de coordinació**) és relativament recent, per això la formulació i nomenclatura d'aquestes substàncies és més sistemàtica i l'aportació de la nomenclatura tradicional hi és menor.

Els complexos són espècies que contenen un **àtom central**, generalment un metall de transició, envoltat d'àtoms, ions o agrupacions d'àtoms, anomenats **l·ligands**, els quals s'uneixen a l'àtom central mitjançant enllaços coordinats. El complex pot resultar positiu, negatiu o neutre.

L'àtom central acostuma a presentar estat d'oxidació positiu, generalment baix i, algunes vegades, zero.

Els l·ligands poden ser aniònics, neutres o, en alguns casos, catiònics. En un mateix complex poden coexistir l·ligands de naturalesa diferent. L'àtom del l·ligand que s'enllaça directament al metall central s'anomena **àtom coordinador**. El nombre d'àtoms coordinadors lligats a un àtom central rep el nom de **nombre de coordinació**.

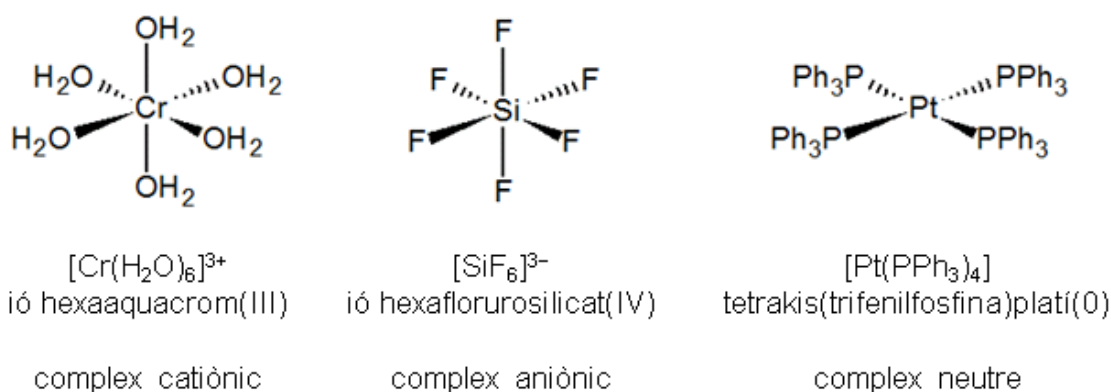


Figura 6. Estructures d'alguns complexos

Hi ha l·ligands que tenen més d'un àtom amb capacitat d'enllaçar-se a un o més àtoms metàl·lics. Reben el nom de *l·ligands bidentats*, *l·ligands tridentats*, etc. i, en general, *l·ligands polidentats*. Quan un l·ligand s'uneix per dos o més punts a un mateix àtom central, rep el nom de *quelat*, però, si s'enllaça a àtoms diferents, s'anomena *l·ligand pont*.

Tot seguit es mostren diferents possibilitats de formació de compostos neutres amb espècies de coordinació:

- dos ions no complexos, Ca^{2+} i SO_4^{2-} : CaSO_4 , sulfat de calci
- un únic anió complex, Ca^{2+} i $[\text{PtCl}_4]^{2-}$: $\text{Ca}[\text{PtCl}_4]$ tetracloroplatinat(II) de calci
- un únic catió complex, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ i SO_4^{2-} : $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{SO}_4$ sulfat de diamminacoure(II)
- dos ions complexos, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ i $[\text{PtCl}_4]^{2-}$: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2][\text{PtCl}_4]$ tetracloroplatinat(II) de diamminacoure(II)
- un complex neutre: $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ pentacarbonilferro(0)

Per a **formular** un complex cal seguir les normes següents:

1. L'àtom central s'escriu al començament.
2. A continuació s'escriuen primer els lligands aniònics, després els neutres i al final els catiònics.
3. Dintre de cada grup de lligands, aquests s'escriuen per ordre alfabètic del símbol de l'àtom coordinador.
4. Quan un lligand és una agrupació poliatòmica, s'escriu entre parèntesis.
5. Tota l'espècie complexa s'escriu entre claudàtors, indicant la carrega final que conté.
6. Quan un complex és iònic i es combina amb un altre ió senzill per a donar un compost neutre, l'ordre de col·locació en la molècula és l'habitual.
7. Si un compost és format per un catió i un anió complexos, aquests s'escriuen en la fórmula com és habitual (primer el catió i després l'anió).

Per a **anomenar** complexos s'utilitza la nomenclatura additiva. Consisteix a construir el nom del complex descrivint els lligands que hi ha a l'entorn de l'àtom central, igual que el complex es construeix al voltant d'aquest àtom.

Abans d'anomenar un complex cal saber anomenar els lligands. Els que són negatius s'anomenen afegint el sufix *-o* a les terminacions *-ur*, *-it* i *-at*, de manera que les terminacions queden *-uro*, *-ito* i *-ato*, respectivament.

Hi ha, però, algunes excepcions en la nomenclatura de lligands, especialment per a aquells grups que són més utilitzats. A continuació s'indiquen els lligands més habituals, alguns dels quals reben noms que són excepcions a la norma descrita.

F ⁻	fluoro	S ²⁻	tio
Cl ⁻	cloro	CN ⁻	ciano
Br ⁻	bromo	C ₂ O ₄ ²⁻	oxalato
I ⁻	iodo	NO ₃ ⁻	nitrato
O ²⁻	oxo	NO ₂ ⁻	nitrito
H ⁻	hidruro o <i>hidro</i>	SO ₃ ²⁻	sulfito
OH ⁻	hidroxo	SO ₄ ²⁻	sulfato
O ₂ ²⁻	peroxo	S ₂ O ₃ ²⁻	tiosulfato
CO ₃ ²⁻	carbonato	CrO ₄ ²⁻	cromato

Els lligands neutres més importants són el *nitrosil* (NO), el *carbonil* (CO), el *tiocarbonil* (CS), l'aigua (H₂O), que s'anomena *aqua*, i l'amoniac (NH₃), que s'anomena *ammina*.

Aquestes són les normes que cal seguir per a anomenar un complex:

1. Primer se citen tots els lligands per ordre alfabètic del nom, sense tenir en compte els prefixos multiplicadors *di-*, *tri-*, *tetra-*, etc. que indiquen el nombre de lligands iguals. Pot ser que el nom inclogui ja algun prefix com *di-*, *tio-*, *peroxo-*, etc. En aquest cas, aquest prefix és el que determina l'ordre alfabètic. Per exemple, el lligand tiosulfato s'ordena per la *t* i no per la *s*. Els noms dels diferents lligands se citen seguits i sense separar-los ni per comes, ni per guionets, ni per espais.
2. Al final, i també sense separar, s'escriu el nom de l'àtom central. S'afegeix la terminació *-at* a tot el nom si el complex és negatiu, però es deixa el nom de l'àtom central sense cap altra terminació si el complex és neutre o positiu.

3. Tot seguit s'escriu el nombre d'oxidació de l'àtom central en xifres romanes i entre parèntesis. Si l'àtom central té estat d'oxidació 0 cal indicar-lo amb la xifra aràbiga 0. Quan l'estat d'oxidació és ambigu, és preferible citar entre parèntesis el nombre de càrrega del complex sencer amb xifres aràbigues i amb el signe corresponent.
4. Si el complex és iònic i l'ió està compensat per un altre ió senzill, o bé si és un compost neutre format per dos ions, complexos tots dos, l'ordre en què s'han d'anomenar els ions és l'habitual: primer l'anió i després el catió.

A continuació, es detallen alguns exemples de formulació i nomenclatura de complexos.

Clorur de tetraamminadiclorocrom(III). Es tracta d'un complex catiònic, ja que acompanya l'anió clorur (Cl^-). La part complexa del compost té l'àtom central crom amb estat d'oxidació + 3. El fragment *dicloro* indica que hi ha dos lligands Cl^- , aniònics, i *tetraammina* vol dir que hi ha quatre lligands amoníac, que són neutres.

Cal escriure entre claudàtors, en primer lloc, el metall central (Cr), després els lligands aniònics (Cl^-) i, tot seguit, els lligands neutres (NH_3). El complex és $[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4]$. Si es fa un balanç de càrregues, s'observa que és catiònic i queda amb càrrega + 1: $[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$. En formular el compost complet, cal escriure a l'esquerra el complex catiònic i a la dreta l'anió clorur: $[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$.

$\text{Na}_2[\text{HgBr}_2\text{O}]$. Per a anomenar aquest compost cal tenir present que és format per un anió complex i per cations sodi. L'àtom central del complex és el mercuri (Hg) i té dos tipus de lligands aniònics, el bromo (Br^-) i l'oxo (O^{2-}). Pel fet de ser un complex aniònic, el nom acabarà en *-at*. Per a anomenar-lo, cal citar primer els lligands per ordre alfabètic (prescindint del prefix *di-* que ha d'acompanyar el bromo) i després el nom del metall acabat en *-at*, seguit del seu estat d'oxidació en xifres romanes entre parèntesis. El nom complet s'obté citant primer el nom de l'anió (complex) seguit del nom del catió (sodi).

Per a conèixer l'estat d'oxidació del mercuri cal tenir en compte que el complex ha de ser un anió divalent (es combina amb dos cations monovalents). Els dos lligands bromo aporten dues càrregues negatives i el lligand oxo dues més, per tant, el metall central ha de tenir estat d'oxidació + 2. El nom complet serà *dibromooxomercurat(II) de sodi*. També se'l pot anomenar *dibromooxomercurat(2-) de sodi*.

$[\text{Ru}(\text{SO}_3)(\text{NH}_3)_5]$. Aquest complex és una espècie neutra. El nom corresponent acaba amb el de l'àtom central. Cal indicar per ordre alfabètic el nom dels dos lligands que hi intervenen: ammina i sulfito. Així, el nom complet és *pentaamminasulfitoruteni(II)*, ja que pel fet de ser neutre no té cap terminació especial. L'estat d'oxidació del ruteni és + 2 perquè l'únic lligand aniònic és el sulfito (amb càrrega -2) i cal conservar l'electroneutralitat del compost.