

Formulación Inorgánica

Si visitas un país e ignoras su lengua, no podrás conocerlo plenamente. Algo parecido te ocurrirá al estudiar el mundo de la Química, si no conoces sus símbolos y reglas.

ÍNDICE

1. ¿Por qué necesitamos formular y nombrar compuestos químicos?.....	3
2. Número de oxidación.....	3
3. Clasificación general de los compuestos inorgánicos.....	4
4. Normas prácticas sobre formulación.....	5
5. Sustancias simples.....	6
6. Compuestos binarios.....	6
6.1. Combinaciones binarias del oxígeno.....	6
6.1.1. Óxidos.....	6
6.1.2. Peróxidos.....	8
6.1.3. Hiperóxidos.....	9
6.2. Combinaciones binarias del hidrogeno.....	9
6.2.1. Hidruros metálicos.....	9
6.2.2. Haluros de hidrógeno.....	10
6.2.3. Hidruros volátiles.....	10
6.3. Sales binarias.....	11
6.3.1. Sales neutras.....	11
6.3.2. Sales volátiles.....	11
7. Compuestos ternarios.....	12
7.1. Hidróxidos.....	12
7.2. Oxoácidos.....	13
7.2.1. Oxoácidos de los halógenos.....	14
7.2.2. Oxoácidos de los anfígenos.....	14
7.2.3. Oxoácidos de los nitrogenoideos.....	15
7.2.4. Oxoácidos de los carbonoideos.....	15
7.2.5. Oxoácidos del boro.....	16
7.2.6. Oxoácidos de Mn, Tc y Re.....	16
7.2.7. Oxoácidos del Cr, Mo y W.....	16
7.3. Iones.....	17
7.4. Oxisales.....	18
8. Compuestos cuaternarios.....	20
8.1. Sales ácidas.....	20
8.2. Sales básicas.....	21
8.3. Sales dobles (triples, ...)......	22
Apéndice A.....	24
Apéndice B.....	25

Una **fórmula química** indica el número de elementos que tiene una molécula. Se colocan los símbolos de los elementos que componen la molécula y, en forma de subíndice, el número de átomos de ese elemento que hay en la molécula. Cuando hay un solo átomo, no se coloca subíndice.

Ej.:

- **O₂**: molécula formada por 2 átomos de oxígeno (O).
- **H₂S**: molécula formada por 2 átomos de hidrógeno (H) y una de azufre (S).
- **H₂SO₄**: molécula formada por 2 átomos de hidrógeno (H), 1 átomo de azufre (S) y 4 átomos de oxígeno (O).

La **valencia** nos indica sólo la capacidad de combinación de un átomo.

La **electronegatividad** es la medida del poder de un átomo (o grupo de átomos) de atraer electrones. Es decir, un átomo muy electronegativo tiene mucha tendencia a atraer los electrones de un enlace. En general, la electronegatividad aumenta al desplazarnos hacia arriba en un grupo y hacia la derecha en la tabla periódica. Así, el elemento más electronegativo es el flúor y menos electronegativo es el cesio.

1. ¿Por qué necesitamos formular y nombrar compuestos químicos?

En la Naturaleza existen millones de compuestos químicos. Como ya sabes, un compuesto químico está formado por la unión de uno o varios elementos combinados en proporciones fijas y que se pueden separar por métodos químicos. A medida que el hombre los ha ido conociendo, surgió la necesidad de desarrollar un método para poder entenderse y evitar que un mismo compuesto fuese nombrado de formas distintas según el criterio de cada uno.

La nomenclatura actual está sistematizada mediante las reglas propuestas por la IUPAC (Internacional Union of Pure and Applied Chemistry), una comisión que, de forma periódica, revisa y actualiza la nomenclatura Química. Con estos apuntes vamos a aprender a *nombrar y a formular los compuestos químicos inorgánicos* de tres maneras: **Sistemática, de Stock y Tradicional**. La IUPAC declaró la nomenclatura sistemática de uso obligatorio, aunque también se acepta la de Stock. La tradicional se encuentra en desuso, no obstante, en determinados compuestos, como los oxoácidos, es admitida.

Las distintas sustancias no son combinaciones al azar de los elementos de la Tabla Periódica, sino que son el resultado de la combinación en unas determinadas proporciones de elementos que guardan cierta "afinidad". Estas limitaciones vienen prefijadas por la capacidad de combinación o valencia de los elementos, que a su vez es función en la Tabla Periódica.

2. Número de oxidación.

Para poder formular y nombrar un compuesto se ha utilizado históricamente el concepto de valencia. La **valencia** química se puede definir como la capacidad que tiene un elemento de combinarse con otros. Se toma como referencia el hidrógeno, al que se le da arbitrariamente el valor uno (I).

- En los compuestos iónicos, la valencia coincide con la carga iónica. Por ejemplo, en el fluoruro de cesio, **CsF**, tanto el ión cesio, **Cs⁺**, como el ión fluoruro, **F⁻**, tienen valencia (I) cada uno.
- En los compuestos covalentes, la valencia coincide con los electrones que pueden compartir (covalencia). Así, por ejemplo:
 - **HCl**: el cloro tiene aquí valencia (I), pues se combina con un átomo de hidrógeno.
 - **CH₄**: el carbono tiene valencia (IV), pues se une a 4 átomos de hidrógeno.
 - **CCl₄**: el carbono tiene valencia (IV) y el cloro (I), ya que cada átomo de cloro sustituye a un átomo de hidrógeno.

Actualmente, el concepto de valencia ha sido sustituido por el de número de oxidación, al tener un carácter más general. Así pues, haremos uso de los números de oxidación para realizar la formulación y nomenclatura de los compuestos inorgánicos.

El **número de oxidación (n.o.)** de un átomo en un compuesto es el número teórico (formal) que se obtiene aplicando unas reglas sencillas y que nos informan sobre la carga que presentaría dicho átomo, si los pares electrónicos que forman los enlaces se asignaran a los átomos más electronegativos. Así, con los ejemplos anteriores:

- **HCl**: el cloro tiene aquí n.o. -1 y el hidrógeno +1.
- **CH₄**: el carbono tiene n.o. -4 y el hidrógeno +1.
- **CCl₄**: el carbono tiene n.o. +4 y el cloro -1.

número de oxidación nos informa del estado de un átomo en un compuesto determinado. Se trata de una carga formal; es decir, no real.

Conviene insistir en que el número de oxidación no representa la carga real eléctrica de un átomo en un compuesto. Así, tanto en el **NO** como en **CaO**, el n.o. del oxígeno es -2. Sin embargo, al ser el primero un compuesto covalente, no existe una carga real -2 en el O (y +2 en el N), pero se le asigna ese n.o. negativo pues el O es más electronegativo que el N. En el **CaO**, al tratarse de un compuesto iónico, se es más preciso indicar que la carga real del oxígeno es -2.

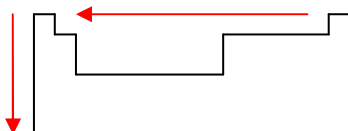
En estos apuntes se ha optado por el número de oxidación (y no por la valencia), pues el inconveniente de manejar un signo, queda compensado con la información suplementaria que aportará a los alumnos que sigan cursando asignaturas de Químicas en años posteriores (estudio de las reacciones redox, ...).

Existen unas reglas para asignar los n.o. de los elementos químicos dentro de un compuesto (ver más detenidamente el **Apéndice A**):

- El n.o. de todos los elementos químicos en su estado libre es cero, en cualquiera de las formas en que se presenten en la Naturaleza.
- El n.o. del F en sus compuestos es siempre -1.
- El n.o. del O en sus compuestos es siempre -2, excepto frente al F (que es +2), los peróxidos (O_2^{2-} , con n.o. -1) y los hiperóxidos (O_2^- , con n.o. -0,5).
- El n.o. del H es +1, excepto en las combinaciones con metales, que es -1.
- La suma algebraica de los n.o. de un compuesto es cero si éste es neutro y si es un ión es igual a la carga del mismo.

Recuerda

Los **metales** solo tiene n.o. positivos, mientras que los **no metales** poseen n.o. positivos y negativos (a excepción de F, que siempre es negativo). El carácter metálico crece al bajar en el grupo y al desplazarse en hacia la izquierda en la tabla periódica (como se indica en el esquema de abajo), por lo que no todos los elementos de los últimos grupos son no metales.



En la siguiente tabla se indican los n.o. más comunes de algunos elementos:

NO METALES		METALES	
H ⁽¹⁾	±1	Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Ag, NH ₄ ⁺	+1
F	-1	Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd	+2
Cl, Br, I	-1; +1, +3, +5, +7	Cu, Hg ⁽⁵⁾	+1, +2
O ⁽²⁾	-2	Al	+3
S ⁽³⁾ , Se, Te	-2; +2, +4, +6	Au	+1, +3
N ⁽⁴⁾	-3; +1, +2, +3, +4, +5	Fe, Co, Ni	+2, +3
P	-3; +1, +3, +5	Sn, Pb, Pt, Pd	+2, +4
As, Sb, Bi	-3; +3, +5	Ir	+3, +4
B	-3; +3	Cr ⁽⁶⁾	+2, +3, +6
C	-4; +2, +4	Mn ⁽⁶⁾	+2, +3, +4, +6, +7
Si	-4, +4	V ⁽⁶⁾	+2, +3, +4, +5

- (1) El H actúa siempre con n.o. +1, excepto en los hidruros metálicos, que actúa con -1.
- (2) El O actúa siempre con n.o. -2, excepto frente al F, que lo hace con +2, en los peróxidos, con -1 y en los hiperóxidos, con n.o. -0,5.
- (3) El n.o. +2 muy poco frecuente.
- (4) El N forma ácidos solamente con los n.o. +1, +3 y +5.
- (5) Cuando actúa con n.o. +1, forma el catión Hg₂²⁺, que no se puede simplificar.
- (6) El Cr con n.o. +6, el Mn con +6 y +7 y el V con +5 forman oxoácidos, como los no metales.

Observación

En estos apuntes escribiremos los **metales** en color azul y los **no metales** en rojo. Así, el compuesto cloruro de sodio se formulará de la siguiente forma: **NaCl**.

3. Clasificación general de los compuestos inorgánicos.

Los compuestos químicos se distinguen según el número de elementos que los componen. Cuando son de dos, se denominan compuestos **binarios**; cuando son de tres, **ternarios**, y cuando son de cuatro, **cuaternarios**.

Compuestos binarios	Oxígeno	+ Metal	Óxidos Básicos Peróxidos
		+ No Metal	Óxidos Ácidos (anhídridos)
	Hidrógeno	+ Metal	Hidruros metálicos
		+ No Metal	Haluros de hidrógeno
		+ Semimetal	Hidruros volátiles
	Sales	Metal+no metal	Sales neutras
No metal+no metal		Sales volátiles	
Compuestos ternarios	Ácidos oxoácidos	Óxidos ácidos + agua	
	Hidróxidos (bases)	Óxidos básicos + agua	
	Sales neutras (oxisales)		
Compuestos cuaternarios	Sales ácidas		
	Sales básicas		
	Sales dobles	Con varios cationes	
		Con varios aniones	
Compuestos de coordinación (complejos)			

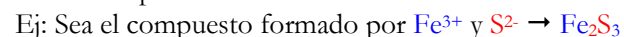
4. Normas prácticas sobre formulación.

Antes de comenzar con la formulación y nomenclatura de los compuestos químicos, hay que tener en cuenta estas normas, que empezaremos a aplicar a los compuestos binarios:

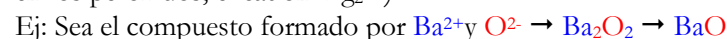
- Se escriben los elementos en el siguiente orden: primero el **metal** y después el **no metal**. Si ambos son no metales, se escribe a la derecha el más electronegativo; es decir, el que aparezca más a la derecha en la siguiente serie:



- Para **formular**, se intercambian los n.o., de manera que como subíndice de cada elemento aparezca el n.o. del otro elemento:



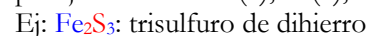
- Debe simplificarse siempre que sea posible (existen algunas excepciones, como en los peróxidos, el catión Hg_2^{2+})



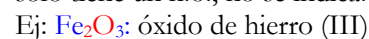
- Se comienza a **nombrar** por la derecha (parte más electronegativa) y se termina por la izquierda (parte menos electronegativa).

En la actualidad se utilizan tres sistemas de nomenclatura

- Nomenclatura Sistemática:** se comienza con el prefijo numeral griego que indica el número de átomos de cada elemento presente en la fórmula. Los prefijos son: mono (1), di (2), tri (3), tetra (4), penta (5), hexa (6), hepta (7), ...



- Nomenclatura de Stock:** La primera parte del nombre indica el tipo de compuesto del que se trata. A continuación se indica el n.o., mediante números romanos y entre paréntesis al final del nombre del elemento. Si dicho elemento sólo tiene un n.o., no se indica.



- Nomenclatura tradicional:** Es el sistema más antiguo y más frecuentemente utilizado en el lenguaje químico, industrial y comercial. La primera parte del

Se intercambian los n.o.

Se simplifica

Se escribe a la izquierda el elemento menos electronegativo

El prefijo mono puede omitirse

Observación

La nomenclatura tradicional utiliza prefijos y sufijos:

Número oxidación ↓	Hipo-	-oso
		-oso
		-ico
	Per-	-ico

En un **enlace covalente** se produce una compartición de electrones entre átomos no metálicos. En un **enlace metálico**, los átomos aportan sus electrones a una red tridimensional de cationes.

Atención

No debes confundir el hidrógeno molecular (H_2) con el hidrógeno atómico (H)

Combinaciones de dos elementos distintos.

nombre indica el tipo de compuesto del que se trata; a continuación se especifica el elemento concreto que interviene, con la terminación **-ico**, para el estado de mayor n.o. y acabado en **-oso** para el de menor. Si la valencia es única, se utiliza la terminación **-ico** o el nombre del elemento.

Ej: Fe_2O_3 : óxido **férrico** (u óxido de hierro) FeO : óxido **ferroso**

5. Sustancias simples.

Se tratan de combinaciones de átomos de un solo elemento. En la Naturaleza, salvo los gases nobles, algunos metales (oro, platino, ...) y algunos metales en estado gaseoso, el resto de la materia se enlaza para formar agregados superiores.

- Algunas sustancias simples se formulan con el símbolo del elemento y un subíndice que indica el número de átomos que las forman: H_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , N_2 , O_2 , O_3 , P_4 , As_4 , S_8 , Se_8 .
- Otras sustancias simples forman redes tridimensionales, en los que en cada vértice del cristal se encuentra un átomo unido al resto mediante *enlace covalente*, como en el **Si** (silicio) y el **C** (diamante y grafito), o *enlace metálico*, como en los metales **Fe**, **Au**, **Sn**, ...
- Los gases nobles son monoatómicos, por lo que se representan mediante el símbolo del elemento.

Estas moléculas se nombran según la nomenclatura **sistemática**:

Fórmula	Sistemática	Fórmula	Sistemática
H_2	Hidrógeno molecular o dihidrógeno	C	Carbono (grafito o diamante)
O_2	Oxígeno molecular o dióxígeno	Ar	Argón
O_3	Ozono o trióxígeno	Xe	Xenón
N_2	Nitrógeno molecular o dinitrógeno	Fe	Hierro
P_4	Fósforo (blanco) o tetrafósforo	Zn	Cinc
S_8	Azufre molecular u octaazufre	Al	Aluminio

6. Compuestos binarios.

En este apartado vamos a tratar los compuestos formados por dos elementos diferentes, que entran a formar parte de la molécula en distintas proporciones.

6.1 Combinaciones binarias del oxígeno.

Son tres las combinaciones que pueden formar el oxígeno: los óxidos, los peróxidos y los hiperóxidos o superóxidos.

6.1.1. Óxidos

Son combinaciones del oxígeno (O^{2-}) con otro elemento. Los óxidos se pueden clasificar en función de sus propiedades ácido-base, de acuerdo con su comportamiento frente al agua; es decir:

Oxígeno	+ metal → Óxido básico
	+ no metal → Óxido ácido

Además, veremos las combinaciones del oxígeno con metales con alto estado de oxidación (como el $Cr(VI)$) y las combinaciones con el nitrógeno.

A. Óxidos básicos

También llamados óxidos metálicos, están constituidos por un metal y oxígeno. La fórmula general es M_2O_m , donde **M** es el metal y **m** es el n.o. con que actúa.

- **N. sistemática:** Se utiliza el término **óxido** para referirse al oxígeno, seguido de la preposición **de** y del **nombre del metal**, indicando con los prefijos numerales el número de átomos de cada elemento que hay en la molécula.

Ej.: Fe_2O_3 : trióxido de dihierro; Na_2O : óxido de disodio; MgO :(mono)óxido de magnesio

- **N. de Stock:** Se comienza con el término **óxido** seguido de la preposición **de** y del **nombre del metal**, indicando su valencia en números romanos y entre paréntesis, salvo en el caso de que solo tenga una.

Ej.: Fe_2O_3 : óxido de hierro (III); Na_2O : óxido de sodio; CuO : óxido de cobre (II)

- **N. tradicional:** Se comienza con la palabra **óxido** seguida del nombre del metal (en ocasiones de su raíz latina) terminado en **-oso** o **-ico**, según que el metal actúe con el menor o mayor n.o. Si sólo actúa con un n.o., se puede nombrar con la terminación **-ico** o con la palabra **óxido** seguido de la preposición **de** y el nombre del metal.

Ej.: FeO : óxido ferroso; Fe_2O_3 : óxido férrico; Na_2O : óxido de sodio (o sódico)

B. Óxidos ácidos

También llamados óxidos no metálicos, están formados por un no metal y el oxígeno. La fórmula general es Y_2O_m , donde **Y** es un no metal y **m** el n.o. con que actúa.

- **N. sistemática:** Igual que en el caso de los óxidos básicos.

Ej.: Cl_2O_3 : trióxido de dicloro; CO_2 : dióxido de carbono; SO_3 : trióxido de azufre

- **N. de Stock:** Igual que en el caso de los óxidos básicos.

Ej.: Cl_2O_3 : óxido de cloro (III); CO_2 : óxido de carbono (IV); SO_3 : óxido de azufre (VI)

- **N. tradicional:** Igual que en el caso de los óxidos básicos, cambiando la palabra **óxido** por **anhídrido**. Como los no metales suelen tener más n.o. que los metales, se deben distinguir los siguientes casos:

Números de oxidación posibles	Prefijos y sufijos
1	-ico
2	-oso -ico
3	hipo- -oso -oso -ico
4	hipo- -oso -oso -ico per- -ico

La nomenclatura recomendada para los **óxidos básicos** es la de **Stock**.

Orígenes latinos del nombre de algunos elementos: Fe→ferrum (hierro), Cu→cuprum (cobre), Ag→argentum (plata), Au→aurum (oro), S→sulphur (azufre), etc.

La nomenclatura recomendada para los **óxidos ácidos** es la **sistemática**.

Atención

No es aconsejable la denominación clásica de **anhídrido** para nombrar los óxidos ácidos. Pero por la aplicación que tienen en el correcto aprendizaje de los oxoácidos, vamos a insistir en la nomenclatura tradicional de los óxidos ácidos (anhídridos).

Algunos manuales de formulación recomiendan utilizar el nombre **óxido** incluso en la tradicional:

Cl_2O_5 : óxido clórico

Ej.: Cl_2O : anhídrido hipocloroso; Cl_2O_3 : anhídrido cloroso; Cl_2O_5 : anhídrido clórico; Cl_2O_7 : anhídrido perclórico.

C. Óxidos de Cromo, Manganeso y Vanadio

Como ya sabemos, estos elementos presentan varios estados de oxidación, que debe tenerse en cuenta a la hora de nombrarlos:

Mn	Cr	V	
+2	+2	+2	Carácter metálico
+3	+3	+3	
+4		+4	
+6	+6	+5	Carácter no metálico
+7			

Observación

Al Mn (+6) le corresponde el sufijo -ico y al Mn (+7) le corresponde per- -ico.

Ej.: CrO : monóxido de cromo; óxido de cromo (II); óxido cromoso
 Cr_2O_3 : trióxido de dicromo; óxido de cromo (III); óxido crómico
 CrO_3 : trióxido de cromo; óxido de cromo (VI); anhídrido crómico.

D. Óxidos del Nitrógeno

El nitrógeno puede presentar los n.o. +1, +2, +3, +4 y +5 frente al oxígeno. Los nombres quedarían como siguen.

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
N_2O	monóxido de dinitrógeno	óx. de nitróg. (I)	anhídrido hiponitroso (óx. nitroso)
NO	monóxido de nitrógeno	óx. de nitróg. (II)	óxido nítrico
N_2O_3	trióxido de dinitrógeno	óx. de nitróg. (III)	anhídrido nitroso
NO_2	dióxido de nitrógeno	óx. de nitróg. (IV)	dióxido de nitrógeno
N_2O_4	tetraóxido de dinitrógeno	--	tetraóxido de dinitrógeno
N_2O_5	Pentaóxido de dinitrógeno	óx. de nitróg. (V)	anhídrido nítrico

Observación

De todos los n.o. del nitrógeno, los más usuales en estos apuntes son: +1, +3 y +5.

Obsérvese que el N_2O_4 tendría el mismo nombre que el NO_2 en la nomenclatura de Stock. De ahí la ventaja de la nomenclatura sistemática en estos compuestos. En algunos manuales se nombra óxido de dinitrógeno (IV)

Nota

El oxígeno actúa con número de oxidación +2 frente al flúor: OF_2 , llamado difluoruro de oxígeno.

6.1.2 Peróxidos

Son combinaciones de un metal (o el hidrógeno) con el grupo peróxido (O_2^{2-}), donde cada oxígeno tiene n.o. -1. La fórmula general es: $\text{X}_2(\text{O}_2)_n$.

En los peróxidos, **no** se pueden simplificar el subíndice del oxígeno (O_2).

Para los peróxidos, se recomienda la nomenclatura de Stock.

- **N. sistemática:** Igual que en el caso de los óxidos básicos.
- **N. de Stock:** Igual que en el caso de los óxidos básicos, cambiando la palabra óxido por **peróxido**.
- **N. tradicional:** Igual que en el caso de los óxidos básicos, cambiando la palabra óxido por **peróxido**. Está en desuso.

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
Na_2O_2	Dióxido de sodio	Peróxido de sodio	Peróxido sódico
MgO_2	Dióxido de magnesio	Peróxido de magnesio	Peróxido de magnesio
Cu_2O_2	Dióxido de dicobre	Peróxido de cobre (I)	Peróxido cuproso
CuO_2	Dióxido de cobre	Peróxido de cobre (II)	Peróxido cúprico
H_2O_2	Dióxido de hidrógeno	Peróxido de hidrógeno	Peróxido de hidrógeno (Agua oxigenada)

Observación

El ión O_3^- se denomina **ozónido**. Existen algunos compuestos ozónidos como el KO_3 , llamado, ozónido de potasio.

6.1.3. Hiperóxidos.

El ión O_2^- se conoce como hiperóxido o superóxido. La nomenclatura recomendada es la de Stock, cambiando la palabra óxido por hiperóxido (o superóxido). Los más conocidos son:

KO_2	Hiperóxido de potasio	BaO_4	Superóxido de bario
RbO_2	Superóxido de rubidio	MgO_4	Superóxido de magnesio
CsO_2	Superóxido de cesio	ZnO_4	Superóxido de cinc

Actividades de asimilación

A.1. Formula las siguientes combinaciones de oxígeno:

Anhídrido carbónico, óxido de azufre (VI), óxido de hierro (II), heptaóxido de dibromo, anhídrido sulfuroso, anhídrido hiponitroso, óxido de yodo (III), anhídrido sulfúrico, óxido de nitrógeno (V), monóxido de nitrógeno, trióxido de diarsénico, óxido de plomo (II), óxido de cinc, óxido de cromo (II), óxido crómico, anhídrido crómico, óxido de mercurio (I), óxido de cobre (II), óxido de aluminio, óxido aúrico, óxido de berilio, óxido de calcio, peróxido de potasio, dióxido de dicesio, peróxido de hidrógeno, peróxido cuproso, peróxido cúprico.

A.2. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas:

P_2O , SeO_3 , As_2O_3 , SO_2 , SO , I_2O_7 , I_2O_5 , I_2O_3 , I_2O , CO , N_2O_5 , P_2O_5 , Cr_2O_3 , CrO_3 , Cs_2O , MgO , BaO , SnO_2 , Ag_2O , FeO , Fe_2O_3 , PbO , PtO_2 , Al_2O_3 , Li_2O_2 , Zn_2O_2 , MgO_2 , CaO_2 .

El **hidrógeno** actúa con n.o. -1 si se combina con los elementos situados a su izquierda y con +1 si se combina con los elementos situados a la derecha, según la siguiente ordenación establecida por la IUPAC (esta ordenación es un tanto arbitraria, ya que **no** se basa sólo en un orden de electronegatividad):

Metal < B < Si < C < Sb < As < P < N < H < Te < Se < S < At < I < Br < Cl < O < F.

En los **hidruros metálicos** se recomienda la nomenclatura de **Stock**.

6.2. Combinaciones binarias del hidrógeno.

El hidrógeno puede combinarse con el resto de los elementos de la tabla periódica. En la siguiente tabla aparece un esquema de estas combinaciones:

Hidrógeno + metal → hidruro metálico
Hidrógeno + no metal (grupo 16, 17) → haluro de hidrógeno
Hidrógeno + no metal (grupo 13, 14, 15) → hidruro volátil

6.2.1. Hidruros metálicos.

Son combinaciones de los metales con el hidrógeno, que tiene n.o. -1. Su fórmula general es MH_n .

- **N. sistemática:** Se utiliza los **prefijos numerales** que nos indican el número de átomos de hidrógeno que tiene esa molécula. Los prefijos son mono- (puede omitirse), di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, Se nombra colocando el prefijo numeral delante de la palabra **hidruro**, seguido de la preposición **de** y del nombre del **metal**.

- **N. de Stock:** Se comienza con la palabra **hidruro** seguida de la preposición **de** y del nombre del **metal**, y entre paréntesis, su valencia en números romanos, en el caso de que tenga más de una (si el elemento tiene una, no se indica).

N. tradicional: Se nombra comenzando por la palabra **hidruro**, seguida del nombre del **metal**, terminado en **-oso** si el metal actúa con la menor valencia, y en **-ico** si lo hace con la mayor. Si sólo actúa con un n.o., se puede nombrar con la terminación **-ico** o con la palabra hidruro seguido de la preposición **de** y el nombre del **metal**. Está en desuso.

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
FeH ₂	Dihidruro de hierro	Hidruro de hierro (II)	Hidruro ferroso
FeH ₃	Trihidruro de hierro	Hidruro de hierro (III)	Hidruro férrico
MgH ₂	Dihidruro de magnesio	Hidruro de magnesio	Hidruro magnésico
AlH ₃	Trihidruro de aluminio	Hidruro de aluminio	Hidruro de aluminio

En los **haluros de hidrógeno** se recomienda tanto la **sistemática** como la **tradicional**.

Nota

En la nomenclatura sistemática, no es necesario poner los prefijos numerales antes del hidrógeno, al tener los elementos no metálicos un único n.o. negativo

Para distinguir entre el cloruro de hidrógeno gaseoso y el disuelto en agua, suele acompañarse a la fórmula la expresión entre paréntesis: (aq), que significa acuoso:

HCl: cloruro de hidrógeno (gas)

HCl: (aq); ácido clorhídrico

El compuesto formado por hidrógeno y oxígeno, H₂O, según la nomenclatura tradicional recibe el nombre de **agua**, y según la sistemática, el de **óxido de dihidrógeno**. Se trata de un óxido.

En los **hidruros volátiles** se recomienda la nomenclatura **sistemática**, aunque la IUPAC acepta los nombres comunes de la **tradicional**.

Existen algunos hidruros volátiles cuyas fórmulas no se simplifican, como el B₂H₆ (hexahidruro de diboro ó diborano), Si₂H₆ (hexahidruro de disilicio ó disilano), As₂H₄ (tetrahidruro de diarsénico ó diarsina), P₂H₄ (tetrahidruro de difósforo ó difosfina), y N₂H₄ (tetrahidruro de dinitrógeno ó hidrazina).

6.2.2. Haluros de hidrógeno.

Son combinaciones del hidrógeno, con n.o. +1, con los elementos de los de los grupos 16 (S, Se y Te) y 17 (F, Cl, Br, I). La fórmula general es H_nX.

- **N. sistemática:** Se nombran colocando el sufijo **-uro** al nombre del **no metal** seguido de la expresión **de hidrógeno**.
- **N. de Stock:** No se usa.
- **N. tradicional:** Está admitida por la IUPAC. Estos compuestos son gaseosos, pero disueltos en agua forman **ácidos hidrácidos**. Se nombran del siguiente modo: **ácido** + nombre del **no metal** + **-hídrico**.

Compuesto	Sistemática	Tradicional
HCl	Cloruro de hidrógeno	Ácido clorhídrico
HBr	Bromuro de hidrógeno	Ácido bromhídrico
H ₂ Se	Seleniuro de dihidrógeno	Ácido selenhídrico
H ₂ Te	Telururo de dihidrógeno	Ácido telurhídrico

6.2.3. Hidruros volátiles.

Son combinaciones del hidrógeno, con n.o. -1, con los elementos de los grupos 13 (B), 14 (C, Si) y 15 (N, P, As, Sb). La fórmula general es: XH_n.

- **N. sistemática:** Se nombran con la palabra **hidruro** seguida de la preposición **de** y del nombre del **no metal**. Se antepone el prefijo numeral a la palabra hidruro si hay más de un hidrógeno en la fórmula. Se puede omitir el prefijo mono.
- **N. de Stock:** No se usa.
- **N. tradicional:** Todos estos compuestos tienen nombres especiales admitidos por la IUPAC, que son los más utilizados por los químicos por lo que aparecen preferentemente en la bibliografía.

Compuesto	Sistemática	Tradicional
NH ₃	Trihidruro de nitrógeno	Amoniaco
PH ₃	Trihidruro de fósforo	Fosfina
AsH ₃	Trihidruro de arsénico	Arsina
SbH ₃	Trihidruro de antimonio	Estibina
BH ₃	Trihidruro de boro	Borano
CH ₄	Tetrahidruro de carbono	Metano
SiH ₄	Tetrahidruro de silicio	silano

Actividades de asimilación

A.3. Formula las siguientes combinaciones de hidrógeno:

Hidruro de sodio, dihidruro de cobre, hidruro de aluminio, hidruro de cesio, hidruro férrico, hidruro cromoso, hidruro de calcio, hidruro de bario, amoniaco, estibina, silano, metano, fosfina, trihidruro de nitrógeno, hidruro de plomo (II), hidruro de estaño (IV), hidruro de mercurio (I), sulfuro de hidrógeno, ácido clorhídrico, fluoruro de hidrógeno, ácido bromhídrico, dihidruro de cobalto, hidruro estannoso, telururo de dihidrógeno, ácido telurhídrico.

A.4. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas:

KH, NH₃, NaH, SbH₃, HF, BaH₂, SiH₄, PbH₂, PtH₂, BH₃, H₂S, HCl, RbH, CoH₃, AuH₃, NiH₃, CuH₂, HI, AgH, ZnH₂, CrH₃, CrH₂, CdH₂, CH₄.

6.3. Sales binarias.

Son combinaciones de dos elementos, que no son ni el oxígeno ni el hidrógeno. Así, pueden combinarse:

metal + no metal → sal neutra
no metal + no metal → sal volátil

6.3.1. Sales neutras.

Es la combinación de un metal con un no metal. La fórmula general es M_xX_n . Se tratan de compuestos iónicos.

- **N. sistemática:** Se utilizan los prefijos numerales para indicar el número de átomos de los elementos y se añade el sufijo **-uro** al nombre del no metal.
- **N. de Stock:** Se comienza con el nombre del elemento no metálico, acabado en **-uro**, seguido de la preposición **de** y el nombre del **metal**, entre paréntesis figura la valencia en números romanos. Cuando los elementos solo tengan una valencia, no es necesario indicarlo.

N. tradicional: Está en desuso. Se nombra colocando el nombre del **no metal** acabado en **-uro**, seguido del nombre del **metal** acabado en **-oso** o en **-ico**, como en los óxidos.

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
FeCl ₂	dicloruro de hierro	Cloruro de hierro (II)	Cloruro ferroso
FeCl ₃	Tricloruro de hierro	Cloruro de hierro (III)	Cloruro férrico
MgF ₂	Difluoruro de magnesio	Fluoruro de magnesio	Fluoruro de magnesio
Na ₂ S	Sulfuro de disodio	Sulfuro de sodio	Sulfuro de sodio

6.3.2. Sales volátiles.

Son combinaciones entre dos no metales. Conviene recordar que la IUPAC establece que, en este caso, se coloque a la izquierda (elemento más electropositivo) en la fórmula el símbolo del elemento que figure antes en la siguiente relación:



Una sal neutra será un compuesto iónico y una sal volátil será un compuesto covalente.

En las **sales neutras** se recomienda la nomenclatura de **Stock**.

En las **sales volátiles** se recomienda la nomenclatura de **sistemática**.

- **N. sistemática:** Se utilizan los prefijos numerales para indicar el número de átomos de los elementos y se añade el sufijo **-uro** al nombre del no metal más electronegativo.

- **N. de Stock:** Se comienza con el nombre del elemento no metálico más electronegativo, acabado en **-uro**, seguido de la preposición **de** y el nombre del **no metal** más electropositivo, entre paréntesis figura la valencia en números romanos. Cuando los elementos solo tengan una valencia, no es necesario indicarlo.

N. tradicional: No se usa.

Compuesto	Sistemática	Stock
BrF₃	Trifluoruro de bromo	Fluoruro de bromo (III)
BrCl	Cloruro de bromo	Cloruro de bromo (I)
SeI₂	Diyoduro de selenio	Yoduro de selenio (II)
CS₂	Disulfuro de carbono	Sulfuro de carbono (IV)
CCl₄	Tetracloruro de carbono	Cloruro de carbono (IV)
As₂Se₃	Triseleniuro de diarsénico	Seleniuro de arsénico (III)
BP	Fosfuro de boro	Fosfuro de boro

Actividades de asimilación

A.5. Formula los siguientes compuestos binarios:

Tricloruro de cobalto, cloruro de potasio, fluoruro de oxígeno, cloruro de sodio, bromuro de plomo (II), fluoruro cálcico, arseniuro de hierro (III), carburo de potasio, yoduro de nitrógeno (III), sulfuro de estaño (IV), nitruro de boro, seleniuro de arsénico (V), tetranitruro de tricarbóno, heptacloruro de yodo, disulfuro de carbono, cloruro auroso, nitruro de hierro (II), difluoruro de hierro, telururo de dicobre, yoduro cuproso, sulfuro de silicio, telururo de boro, cloruro de aluminio, yoduro de nitrógeno (V).

A.6. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas, siempre que sea posible:

CdF₂, HgCl₂, AuBr₃, FeSe, Ag₂Te, Zn₃N₂, NaCl, SrI₂, NH₄Br, Co₂S₃, Al₂S₃, SF₂, PCl₃, ICl₅, Ca₂C, CsCl, SiCl₄, CoCl₂, PbBr₂, CaF₂, FeAs, SrF₂, Fe₃Sb₂, BN, AlI₃.

7. Compuestos ternarios.

En este apartado vamos a tratar los compuestos formados por tres elementos diferentes, que entran a formar parte de la molécula en distintas proporciones. Empezaremos por los hidróxidos y seguiremos, a continuación, con los oxoácidos. Antes de pasar al tercer tipo de compuesto ternario, las oxosales neutras (también denominadas oxisales), se tratarán los iones, pues su estudio nos es muy útil para comprender a las oxosales.

7.1 Hidróxidos.

Son compuestos iónicos formados por un **metal**, que es el catión, y el grupo **hidróxido** (OH⁻), que es el anión. Son compuestos básicos, ya que en disolución acuosa liberan grupos OH⁻. Su fórmula general es M(OH)_n.

- **N. sistemática:** Comienza con la palabra **hidróxido** precedida por el prefijo

Nota:

Estrictamente, existe otro tipo de compuesto inorgánico ternario, formado por sales ácidas derivadas de los ácidos hidrácidos, pero se estudiarán más adelante, como compuesto cuaternario.

En los **hidróxidos**, se recomienda la nomenclatura de **Stock**.

numeral, que indica el número de grupos OH⁻, la preposición **de** y el nombre del **metal**. El prefijo mono puede omitirse.

- **N. de Stock:** Comienza con la palabra **hidróxido**, seguida de la preposición **de** y del nombre del **metal**. Cuando éste tiene más de una valencia, ésta se indica entre paréntesis entre números romanos.

N. tradicional: Está en **desuso**. Se nombra con la palabra **hidróxido** seguida del nombre del **metal** acabado en **-ico**, si el metal tiene una sola valencia; si tiene dos, acaba en **-oso**, si actúa con la menor, o en **-ico**, si lo hace con la menor, tal y como se indicó para los óxidos.

Compuesto	Sistemática	Stock	Tradicional
Al(OH) ₃	Trihidróxido de aluminio	Hidróxido de aluminio	Hidróxido aluminico
Fe(OH) ₂	Dihidróxido de hierro	Hidróxido de hierro (II)	Hidróxido ferroso
Fe(OH) ₃	Trihidróxido de hierro	Hidróxido de hierro (III)	Hidróxido férrico
AgOH	Hidróxido de plata	Hidróxido de plata	Hidróxido argéntico

Actividades de asimilación

A.7. Formula las siguientes hidróxidos:

Hidróxido de litio, hidróxido de plata, hidróxido de bario, hidróxido de magnesio, hidróxido de mercurio (I), hidróxido ferroso, hidróxido de cinc, tetrahidróxido de manganeso, trihidróxido de cobalto, hidróxido níqueloso, hidróxido de hierro (III).

A.8. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas:

Zn(OH)₂, NaOH, Co(OH)₂, Co(OH)₃, CuOH, Au(OH)₃, LiOH, Ba(OH)₂, Pd(OH)₂.

Nota:

Recuerda que la notación **anhídrido**, para designar un óxido de un no metal, se encuentra hoy día en desuso. Incluso en la nomenclatura tradicional se denominan óxidos.

En los **oxoácidos** se recomienda la nomenclatura **tradicional**.

7.2. Oxoácidos

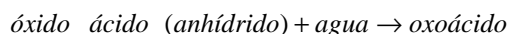
Son compuestos formados por la unión del **oxígeno**, el **hidrógeno** y un **no metal** (o un metal, como el cromo, el manganeso o el vanadio, en alto estado de oxidación).

Su fórmula general es **H_aX_bO_c**, donde H es el hidrógeno, X es el no metal y O, el oxígeno. El hidrógeno actúa con n.o. (+1) y el oxígeno con n.o. (-2), por lo que el n.o. del no metal se obtiene fácilmente a partir de la expresión:

$$n.o. \text{ de } X = \frac{2c - a}{b}$$

Cuando se encuentran en disolución acuosa, dejan protones (H⁺) en libertad, confiriendo propiedades ácidas a las disoluciones.

Existen dos metodologías distintas para la formulación de estos compuestos (como también ocurre en las oxosales). Nosotros vamos a utilizar en estos apuntes la que se basa en la siguiente reacción:



La otra metodología, que podemos considerar menos “química”, se tratará en el **Apéndice B**.

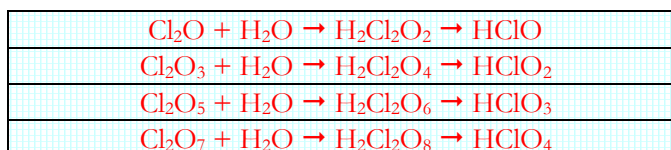
Para nombrar los oxoácidos se emplean tres nomenclaturas: la sistemática, la funcional (o de Stock) y la tradicional. En estos apuntes sólo veremos la sistemática y la tradicional.

Para sistematizar el estudio de los oxoácidos, vamos a fijarnos en el grupo del elemento no metálico.

7.2.1. Oxoácidos del grupo de los halógenos.

En estos compuestos el no metal puede ser: Cl, Br y I con n.o. +1, +3, +5, +7. El flúor no forma oxoácidos.

Todos los óxidos ácidos de este grupo reaccionan con **1 molécula de agua**. Si tomamos como ejemplo los óxidos (anhídridos) del cloro:



De forma análoga se procedería para el bromo y para el yodo.

• **N. sistemática:** Se comienza con el prefijo numeral (**mono, di, tri, ...**), que indica el número de oxígeno, seguido por **-oxo-** (de oxígeno), el nombre del **átomo central** terminado en **-ato** y su número de oxidación entre paréntesis y en números romanos; por últimos se añade **de hidrógeno**.

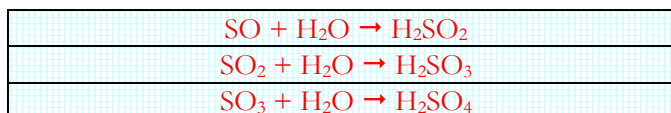
N. tradicional: Se nombran igual que el óxido de partida, sustituyendo la palabra **óxido (anhídrido)** por **ácido**. Por tanto, para utilizar esta nomenclatura es fundamental conocer perfectamente la nomenclatura de los óxidos ácidos (reparar los apartados 6.1.1.B, C y D).

Compuesto	Sistemática	Tradicional
HClO	Oxoclorato (I) de hidrógeno	Ácido hipocloroso
HClO_2	Dioxoclorato (III) de hidrógeno	Ácido cloroso
HClO_3	Trioxoclorato (V) de hidrógeno	Ácido clórico
HClO_4	Tetraoxoclorato (VII) de hidrógeno	Ácido perclórico

7.2.2. Oxoácidos del grupo de los anfígenos.

En estos compuestos el no metal puede ser: S, Se y Te con n.o. +2, +4, +6.

Todos los óxidos ácidos de este grupo reaccionan con **1 molécula de agua**. Si tomamos como ejemplo los óxidos (anhídridos) del azufre:



De forma análoga se procedería para el selenio y para el telurio.

Compuesto	Sistemática	Tradicional
H_2SO_2	Dioxosulfato (II) de hidrógeno	Ácido hiposulfuroso
H_2SO_3	Trioxosulfato (IV) de hidrógeno	Ácido sulfuroso
H_2SO_4	Tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno	Ácido sulfúrico

Se debe simplificar siempre que sea posible.

No se conoce el ácido HIO_2 ni ningún derivado suyo; sin embargo, lo formulamos.

Recuerda:

Prefijo y sufijos para elementos con cuatro n.o.:

Hipo-...-oso

...-oso

...-ico

Per-.....-ico

Aunque el n.o. +2 no es muy frecuente en los anfígenos, sí es cierto que pueden formar algunos compuestos. Así, existe el H_2SO_2 , llamado **ácido hiposulfuroso** o **sulfoxílico**, donde el S tiene este n.o.

Recuerda:

Prefijo y sufijos para elementos con tres n.o.:

Hipo-...-oso

...-oso

...-ico

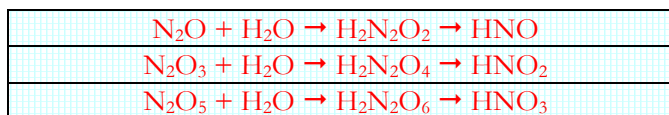
Observa:

Sulfúrico en vez de sulfico, sulfuroso en vez de sulfoso; sulfato en vez de azufrato o sulfurato.

7.2.3. Oxoácidos del grupo de los nitrogenoideos.

En este caso el no metal puede ser: N, P (ambos con n.o. +1, +3, +5), As y Sb (ambos con n.o. +3, +5).

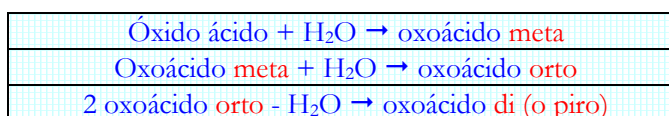
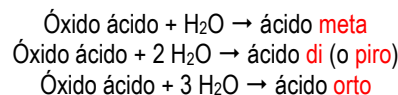
Todos los óxidos ácidos de nitrógeno reaccionan con **1 molécula de agua**: Así:



Compuesto	Sistemática	Tradicional
HNO	Oxonitrato (I) de hidrógeno	Ácido hiponitroso
HNO ₂	Dioxonitrato (III) de hidrógeno	Ácido nitroso
HNO ₃	Trioxonitrato (V) de hidrógeno	Ácido nítrico

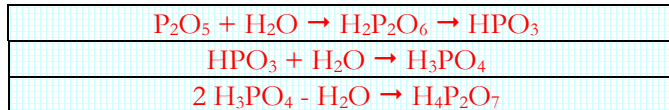
Sin embargo, el P, As y Sb pueden formar más de un oxoácido con el mismo n.o. Así, se utiliza el prefijo **meta** para identificar el oxoácido que se obtiene siguiendo la regla de formulación anterior, el prefijo **orto** para el que se obtiene al sumar una molécula de agua al **meta** y el prefijo **di** o **piro** se usa para nombrar al oxoácido que resulta de sumar dos moléculas **orto** y restarle una molécula de agua. Es decir:

Otra forma de obtener los tres oxoácidos que pueden formar estos elementos con un mismo n.o. es:



Así, para el caso del P con n.o. +5:

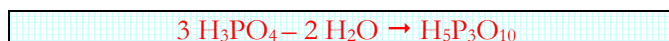
Puede comprobarse que para el caso del P, As y Sb, las relaciones óxido ácido:agua son: 1:1 (**meta**); 1:2 (**di**); 1:3 (**orto**).



En general el prefijo **orto** puede omitirse, así el ácido ortofosfórico puede llamarse ácido fosfórico.

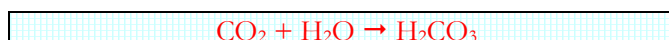
Compuesto	Sistemática	Tradicional
HPO ₃	Trioxofosfato (V) de hidrógeno	Ácido meta fosfórico
H ₃ PO ₄	Tetraoxofosfato (V) de hidrógeno	Ácido orto fosfórico
H ₄ P ₂ O ₇	Heptaoxidifosfato (V) de hidrógeno	Ácido di fosfórico

El prefijo **di** hace referencia al grado de polimerización del ácido respectivo. Esta polimerización puede ser mayor (**tri**-, **tetra**-, ...). Como regla general, se elimina una molécula de agua menos que el número que indica el grado de polimerización del ácido. Así, el ácido trifosfórico se formula de la siguiente manera:



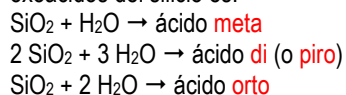
7.2.4. Oxoácidos del grupo de los carbonoideos.

En estos compuestos el no metal puede ser: C y Si con n.o. +4 (no existe el oxoácido de C con n.o. +2). El oxoácido del C, el ácido carbónico, es inestable y se descompone en dióxido de carbono y agua. Sin embargo, tiene importancia pues de él derivan los carbonatos y bicarbonatos, oxisales que veremos más adelante.



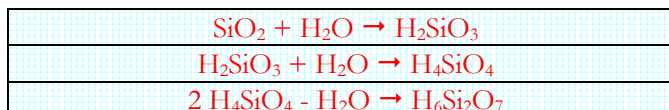
Compuesto	Sistemática	Tradicional
H_2CO_3	Trioxocarbonato (IV) de hidrógeno	Ácido carbónico

Otra forma de obtener los tres oxoácidos del silicio es:



Puede comprobarse que para el caso del silicio, las relaciones óxido ácido:agua son: 1:1 (**meta**); 1:1.5 (**di**); 1:2 (**orto**).

En el caso del silicio, existen tres oxoácidos, como ocurría con el P:

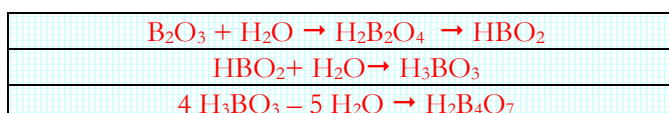


Compuesto	Sistemática	Tradicional
H_2SiO_3	Trioxosilicato (IV) de hidrógeno	Ácido metasilícico
H_4SiO_4	Tetraoxosilicato (IV) de hidrógeno	Ácido ortosilícico
$\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$	Heptaoxidisilicato (IV) de hidrógeno	Ácido disilícico

7.2.5. Oxoácidos del boro.

En estos compuestos, el boro actúa con n.o. +3. Se pueden formular los siguientes compuestos:

No existe el ácido **dibórico**. El ácido **tetrabórico** es una excepción, pues se elimina una molécula de agua más que el número que indica el grado de polimerización



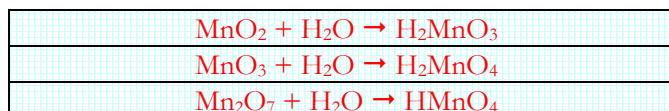
Compuesto	Sistemática	Tradicional
HBO_2	Dioxoborato (III) de hidrógeno	Ácido metabórico
H_3BO_3	Trioxoborato (III) de hidrógeno	Ácido ortobórico
$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Heptaoxidotetraborato (III) de hidrógeno	Ácido tetrabórico

7.2.6. Oxoácidos del manganeso, tecnecio y renio.

Tanto en este apartado como en el siguiente se van a estudiar oxoácidos cuyos elementos no metálicos centrales son metales en alto estado de oxidación. Estos ácidos son hipotéticos, pues no existen en la naturaleza, pero son importantes porque de ellos derivan sus sales, que sí se conocen.

En estos compuestos, el Mn, Tc y Re pueden tener los n.o.: +4, +6, +7. Todos los óxidos ácidos de este grupo reaccionan con **1 molécula de agua**.

Al comportarse como no metales, se escribirán en **rojo**.



Obsérvese que en el caso del manganeso, las terminaciones son: **-oso**, **-ico** y **per-...-ico**, y **no hipo-...-oso**, **-oso** e **-ico**, como cabría esperar para un elemento con tres n.o.

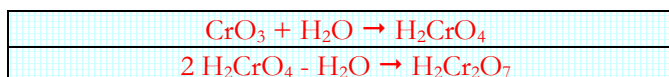
Compuesto	Sistemática	Tradicional
H_2MnO_3	Trioxomanganato (IV) de hidrógeno	Ácido manganeso
H_2MnO_4	Tetraoxomanganato (VI) de hidrógeno	Ácido mangánico
HMnO_4	Tetraoxomanganato (VII) de hidrógeno	Ácido permangánico

De forma análoga se procedería para el tecnecio y para el renio.

7.2.7. Oxoácidos del cromo, molibdeno y wolframio.

En estos compuestos, el Cr, el Mo y el W actúan con n.o.: +6. Para el caso del

romo, además del ácido crómico, podemos formular el ácido dicrómico, que da origen a sales de gran importancia en química:



Compuesto	Sistemática	Tradicional
H_2CrO_4	Tetraoxocromato (VI) de hidrógeno	Ácido crómico
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Heptaoxidocromato (VI) de hidrógeno	Ácido dicrómico

De forma análoga se procedería para el molibdeno y para el wolframio.

Actividades de asimilación

A.9. Formula los siguientes oxoácidos:

Ácido hipobromoso, ácido bromoso, ácido brómico, ácido perbrómico, ácido nitroso, ácido sulfúrico, ácido teluroso, ácido carbónico, ácido ortofosfórico, ácido ortosilícico, ácido metafosfórico, ácido difosfórico, ácido hipoteluroso, ácido ortobórico, ácido ortoarsenioso, ácido mangánico, ácido dicrómico, ácido rénico, ácido molibdico, ácido wolfrámico, ácido tetrabórico, ácido disilícico, tetraoxoclorato (VII) de hidrógeno, trioxoyodato (V) de hidrógeno, trioxosulfato (IV) de hidrógeno, dioxotelurato (II) de hidrógeno, pentaoxidofosfato (III) de hidrógeno, tetraoxomanganato (VII) de hidrógeno.

A.10. Nombra los siguientes compuestos, con dos nomenclaturas:

HIO , HIO_2 , HIO_3 , HIO_4 , HNO_2 , HNO_3 , H_2SeO_2 , H_2SO_3 , H_2TeO_4 , H_3PO_4 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$, H_2SiO_3 , H_3AsO_3 , HPO_2 , H_3BO_3 , HMnO_4 , H_2CrO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HBO_2 , HPO_3 , H_2SO_2 .

7.3. Los iones

Hasta ahora se ha estudiado las reglas de nomenclatura y formulación de compuestos eléctricamente neutros. Sin embargo, existen especies químicas que no son neutras: los iones.

Un **ión** es un átomo o conjunto de átomos con carga eléctrica. Si el ión está cargado positivamente (ha cedido electrones) se denomina **catión**. Por el contrario, si el ión está cargado negativamente (ha captado electrones) se denomina **anión**. Como regla general podemos decir que los átomos de los metales ceden con facilidad electrones y forman cationes. Los no metales tienden, en cambio, a ganar electrones y a formar aniones. La carga de un ión monoatómico es igual al número de electrones cedidos o ganados y coincide con el número de oxidación.

Para formular los iones se deben seguir las siguientes pautas:

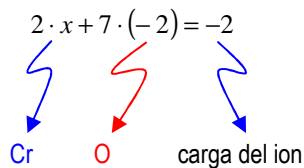
- Los **iones monoatómicos**, formados por un único átomo, se formulan colocando la carga del ión en su parte superior derecha. Ej.: Al^{3+} , S^{2-} .
- Los **iones poliatómicos** están formados por más de un átomo. La carga se sitúa en la parte superior derecha del elemento más electronegativo. Ej.: NH_4^+ , SO_4^{2-} . Los oxoaniones proceden de los correspondientes oxoácidos, que han perdido uno o más hidrógenos. La carga negativa del oxoanión resultante coincide con el número de hidrógenos perdidos. Ej:

Un **catión** presenta carga positiva: M^{n+} (n+ representa el número de electrones que perdido).

Un **anión** presenta carga negativa: X^{n-} (n- representa el número de electrones que ha ganado).

Para deducir la valencia del átomo central, utilizamos las valencias conocidas y la carga global del anión. Por tanto, si queremos determinar el n.o. del Cr en el ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, procederemos de la siguiente forma. Como el n.o. del oxígeno es -2 y la carga global del anión es -2, el n.o. del

cromo será x:



Despejando se obtiene que el n.o. de Cr es: +6.

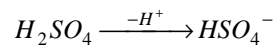
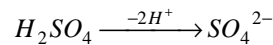
Para los **cationes metálicos** se recomienda la nomenclatura de **Stock**.

Para los **aniones monoatómicos** se recomienda la nomenclatura **tradicional**.

Para los **oxoaniones** se recomienda la nomenclatura **tradicional**.

Regla nemotécnica:

Para recordar el cambio de terminación en los oxoaniones, puedes aprenderte esta regla: "Perico rompe un plato cuando el oso toca el pito".



• **N. sistemática:** Los **cationes monoatómicos** se nombran con la palabra **ión** más el **nombre del metal**, y si tiene más de una valencia, ésta se coloca entre paréntesis y en números romanos (coincide con la de Stock). Los **aniones monoatómicos** se nombran añadiendo la palabra **ión** más la raíz del nombre del **no metal** acabado en **-uro**. El O^{2-} se denomina **ión óxido**. Los **oxoaniones** se nombran igual que el ácido del que proceden, pero suprimiendo la expresión de hidrógeno y sustituyendo la palabra **ácido** por **ión**. Los **iones ácidos** se nombran anteponiendo el término **ión** al nombre del ácido del que procede y el número de hidrógenos que tiene dicho **ión**.

N. tradicional: Si el **metal** tiene un solo estado de oxidación, se nombra igual que el sistemática y cuando tiene más de un estado de oxidación, se añade la terminación **-oso** o **-ico** a la raíz del **nombre del metal**. Aunque está en desuso, la IUPAC la admite para nombrar los cationes poliatómicos. Las **combinaciones binarias de hidrógeno** se denominan añadiendo la terminación **-onio** al compuesto de procedencia. También se admite para los **oxoaniones**. Éstos se nombran sustituyendo la palabra **ácido** por **ión** y las terminaciones **-oso** por **-ito** e **-ico** por **-ato**. Para los **iones ácidos** se coloca el prefijo que indique el número de hidrógenos del anión.

Compuesto	Sistemática	Tradicional
Fe ²⁺	Ion hierro (II)	Ion ferroso
Fe ³⁺	Ion hierro (III)	Ion férrico
Ca ²⁺	Ion calcio	Ion calcio
NH ₄ ⁺	--	Ion amonio
H ₃ O ⁺	--	Ion oxonio
Cl ⁻	Ion cloruro	Ion cloruro
S ²⁻	Ion sulfuro	Ion sulfuro
NO ₂ ⁻	Ion dioxonitrato (III)	Ion nitrito
CO ₃ ²⁻	Ion trioxocarbonato (IV)	Ion carbonato
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Ion heptaoxidocromato (VI)	Ion dicromato
H ₂ PO ₄ ⁻	Ion dihidrógenotetraoxofosfato (V)	Ion dihidrógenofosfato

Actividades de asimilación

A.11. Formula los siguientes iones:

Ion clorito, ion amonio, ion yodato, ion yoduro, ion trioxoclorato (V), ion perclorato, ion trioxocarbonato (IV), ion aurico, ion fosfito, ion sulfato, ion cloruro, ion dicromato, ion hidróxido, ion permanganato, ion hierro (II), ion níquel (II), ion fosfato, ion nitrito, ion nitrato, ion carbonato, ion bromuro, ion dihidrógenofosfato, ion hidrógenocarbonato.

A.12. Nombra los siguientes iones, con dos nomenclaturas:

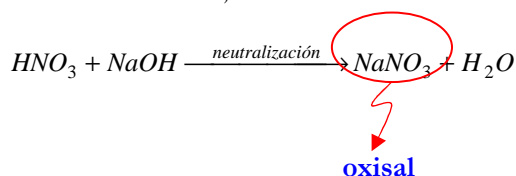
HSO₄⁻, NO₃⁻, HS⁻, NO₂⁻, MnO₄⁻, SO₃²⁻, HPO₃²⁻, BrO₃⁻, BO₂⁻, F⁻, ClO⁻, SO₄²⁻, P₂O₇⁴⁻, HCO₃⁻, N³⁻, S²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, Cr₂O₇²⁻, Cu⁺, NH₄⁺, K⁺, Fe²⁺, Al³⁺, IO⁻, Li⁺.

7.4. Oxisales.

Son compuestos ternarios constituidos por un no metal, oxígeno y metal.

Las **oxisales** pueden considerarse como compuestos binarios formados por un catión metálico (proveniente de la base) y un oxoanión (proveniente del ácido)

Proceden de la reacción de neutralización entre un oxoácido y un hidróxido metálico, que produce la correspondiente sal y agua. Para formularla, se comienza por el metal, seguido del oxoanión: Ej.: NaNO_3 .



Para las **oxisales** se recomienda la nomenclatura de **Stock y tradicional aceptada**.

- **N. sistemática:** Se nombra de manera parecida al oxoácido de procedencia, substituyendo la palabra hidrógeno por el nombre del metal correspondiente y el n.o. con el que actúa entre paréntesis. Se comienza por el **anión** y se termina por el **catión**.

Cuando el anión tiene subíndices, también se puede nombrar mediante los prefijos griegos **bis-**, **tris-**, **tetrakis-**, **pentakis-** ..., y en este caso no es necesario indicar la valencia del metal.

- **N. de Stock y tradicional aceptada:** Se substituyen las terminaciones **-oso/-ico** del oxoácido de procedencia por **-ito/-ato**, respectivamente; los prefijos hipo-/per-, si los tuviera el ácido del que procede, se mantienen y, a continuación, figuran el nombre del **metal** y la valencia con la que actúa entre paréntesis, siempre y cuando tenga más de una.

- **N. tradicional no aceptada:** Se substituyen las terminaciones **-oso/-ico** del oxoácido de procedencia por **-ito/-ato**, respectivamente; los prefijos hipo-/per-, si los tuviera el ácido del que procede, se mantienen; sigue el nombre del **metal**, con las terminaciones **-oso/-ico**, según el n.o. sea menor o mayor, respectivamente.

Compuesto	Sistemática	Stock-Tradicional aceptada	Tradicional no aceptada
AgNO_3	Trioxonitrato (V) de plata	Nitrato de plata	Nitrato argéntico
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Tetraoxosulfato (VI) de hierro (III) Tris-[tetraoxosulfato (VI)] de hierro	Sulfato de hierro (III)	Sulfato férrico
FeSO_4	Tetraoxosulfato (VI) de hierro (II)	Sulfato de hierro (II)	Sulfato ferroso
$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_4$	Tetraoxofosfato (V) de plomo (IV) Tetrakis-[tetraoxofosfato (V)] de plomo	Fosfato de plomo (IV)	Fosfato plúmbico
CoCO_3	Trioxocarbonato (IV) de cobalto (II)	Carbonato de cobalto (II)	Carbonato cobaltoso

Actividades de asimilación

A.13. Formula las siguientes oxisales neutras:

Nitrato de plomo (IV), peryodato de calcio, sulfito de sodio, permanganato de sodio, hipodromito de hierro (II), bromito de plata, carbonato de hierro (III), nitrito de potasio, fosfato de mercurio (II), yodato de sodio, nitrito de cobre (II), fosfato de aluminio, perbromato de aluminio, nitrato amónico, dicromato amónico, cromato de calcio, tetraoxosulfato (VI) de berilio, trioxonitrato (V) de plomo (II), trioxocarbonato (IV) de hierro (III), tetraoxoyodato (VII) de níquel

(II), tetraoxofosfato (V) de mercurio (III), dioxonitrato (III) de potasio, heptaoxodicromato (VI) de hierro (II).

A.14. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas:

CuNO_3 , $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, KMnO_4 , CaCO_3 , NaClO , $\text{Au}(\text{ClO}_2)_3$, NaBrO_3 , $\text{CO}_2(\text{CO}_3)_3$, FeSO_4 , AgNO_3 , MgSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Li_4SiO_4 , Na_2SO_3 , $\text{Fe}(\text{BrO}_2)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

8. Compuestos cuaternarios.

Son combinaciones entre cuatro elementos, que entran a formar parte de compuesto químico en distintas proporciones.

En este apartado vamos a estudiar las sales ácidas, las sales básicas y las sales dobles. Aunque los compuestos estarán formados por cuatro elementos diferentes, podrán aparecer un número mayor, sobretodo, en las sales dobles

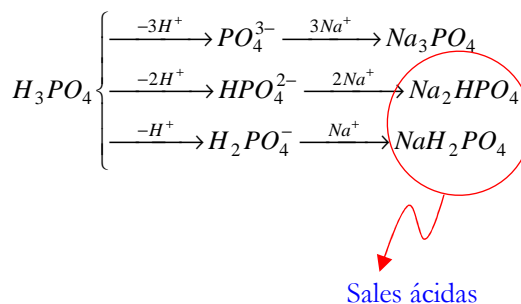
8.1. Sales ácidas.

Son sales que aún contienen átomos de hidrógeno en su estructura. Se pueden considerar como derivados de oxoácidos polipróticos (con más de un hidrógeno), en los que se sustituye algún/os hidrógenos por cationes metálicos.

Se formulan igual que las oxisales, comenzando por el catión seguido por el oxoanión, que contiene uno o más hidrógenos. Ej.: $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_2$, que procede del H_2SO_4 .

También se consideran sales ácidas aquéllas que proceden de sustituir un hidrógeno en los ácidos hidrácidos (lógicamente se trata de compuestos ternarios, al no tener oxígeno). Ej.: KHS , que procede del H_2S .

Un buen ejemplo para comprender las sales ácidas son las que derivan del H_3PO_4 :



- **N. sistemática:** Se comienza con el término **hidrógeno**, precedido de los prefijos numerales, según el número de hidrógenos que hay en el anión y, añadiendo, a continuación, el nombre de la **sal** correspondiente. Si en la fórmula hay más de un anión, se puede anteponer los prefijos griegos **bis-**, **tris-**, **tetrakis-**, **pentakis-** ..., al nombre completo del anión entre corchetes.

- **N. de Stock y tradicional aceptada:** Se antepone la palabra **hidrógeno** al nombre de la **sal**, añadiendo los prefijos numerales según el número de hidrógenos que están sin sustituir.

- **N. tradicional no aceptada:** Se nombra como una sal neutra intercalando la expresión **ácido de**, y a continuación se nombra el **metal** acabado en **-oso/-ico**, según su n.o.. Cuando se sustituyen la mitad de ellos, se antepone el prefijo **bi-** al nombre de la sal.

Para las **sales ácidas** se recomienda la nomenclatura de **Stock y tradicional aceptada**.

Compuesto	Sistemática	Stock-Tradicional aceptada	Tradicional no aceptada
NaHCO_3	Hidrógenotrioxo-carbonato (IV) de sodio	Hidrógenocarbonato de sodio	Carbonato ácido de sodio Bicarbonato sódico
KHSO_4	Hidrógenotetraoxo-sulfato (VI) de potasio	Hidrógenosulfato de potasio	Sulfato ácido de potasio Bisulfato potásico
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Dihidrógenotetraoxofosfato (V) de hierro (II) Bis-[dihidrógenotetraoxofosfato (V)] de hierro	Dihidrógenofosfato de hierro (II)	Fosfato diácido ferroso
FeHPO_4	Hidrógenotetraoxo-fosfato (V) de hierro (II)	Hidrógenofosfato de hierro (II)	Fosfato ácido ferroso
$\text{Cr}(\text{HSO}_3)_3$	Hidrógenotrioxo-sulfato (IV) de cromo (III)	Hidrógenosulfito de cromo (III)	Sulfito ácido crómico Bisulfito crómico
LiHS	Hidrógenosulfuro de litio	Hidrógenosulfuro de litio	Sulfuro ácido de litio Bisulfuro de litio
$\text{Be}(\text{HS})_2$	Hidrógenosulfuro de berilio Bis-[hidrógenosulfuro] de berilio	Hidrógenosulfuro de berilio	Sulfuro ácido de berilio Bisulfuro de berilio

8.2. Sales básicas.

Se originan cuando en una reacción de neutralización existe un exceso de hidróxido con respecto del ácido. Son compuestos que poseen algún grupo OH⁻ en su estructura.

Para formularlas, se escribe primero el catión y luego los aniones en orden alfabético. Ej.: MgNO_3OH .

- **N. sistemática:** Se nombran como las sales neutras, anteponiendo al nombre del anión el término **hidroxi**, precedido de los prefijos numerales, según el número de grupos OH⁻ presentes en la sal.
- **N. de Stock y tradicional aceptada:** Se nombran citando, en orden alfabético, el nombre del anión y el término **hidróxido** unido por un guión. La palabra hidróxido lleva antepuesto un prefijo que indica el número de ellos presente en la fórmula.
- **N. tradicional no aceptada:** Se nombran como las sales neutras, pero intercalando la palabra **básico**, precedida de un prefijo numeral, según el número de grupos OH⁻ presentes en la sal.

Para las **sales básicas** se recomienda la nomenclatura de **Stock y tradicional aceptada**

Compuesto	Sistemática	Stock-Tradicional aceptada	Tradicional no aceptada
MgNO_3OH	Hidroxitrioxo nitrato (V) de magnesio	Hidróxido-nitrato de magnesio	Nitrato básico de magnesio
$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$	Dihidroxitetraoxo sulfato (VI) de cobre (II)	Dihidróxido-sulfato de cobre (II)	Sulfato dibásico cúprico

HgNO_3OH	Hidroxitrioxo nitrato (V) de mercurio (II)	Hidróxido-nitrato de mercurio (II)	Nitrato básico mercúrico
$\text{AlClO}_4(\text{OH})_2$	Dihidroxitetraoxo clorato (VII) de aluminio	Dihidróxido-perclorato de aluminio	Perclorato dibásico de aluminio
CdBrOH	Hidroxibromuro de cadmio	Bromuro-hidróxido de cadmio	Bromuro básico de cadmio

8.3. Sales dobles (triples, ...).

En este apartado vamos a estudiar sales con uno o varios cationes y uno o varios aniones. Para formular las sales dobles, se escriben en primer lugar los cationes y luego los aniones, siempre por orden alfabético.

- **N. sistemática:** Se nombran como las sales neutras, empezando por el/los aniones y terminando con el/los cationes, indicando el número de ellos mediante un prefijo (di-, tri-, ...)
- **N. de Stock y tradicional aceptada:** Se nombran citando, en orden alfabético, el nombre del anión/aniones y luego del catión/cationes, como en las sales neutras, intercalando las palabras dobles, triples, entre paréntesis, en función del número de cationes.
- **N. tradicional no aceptada:** Se nombran como las sales neutras, nombrando en primer lugar el/los aniones y luego el/los cationes.

Para las sales dobles se recomienda la nomenclatura de Stock y tradicional aceptada

Compuesto	Sistemática	Stock-Tradicional aceptada	Tradicional no aceptada
$\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$	Tetraoxoarseniato (V) de amonio y magnesio	Arseniato (doble) de amonio y magnesio	Arseniato amónico y magnésico
Na_3RbS_2	Disulfuro de rubidio y trisodio	Sulfuro (doble) de rubidio y trisodio	Sulfuro rubídico y trisódico
KLiNaPO_4	Tetraoxofosfato (V) de litio, sodio y potasio	Fosfato (triple) de litio, sodio y potasio	Fosfato lítico, sódico y potásico
CaClClO	Cloruro-oxoclorato (I) de calcio	Cloruro-hipoclorito de calcio	Cloruro-hipoclorito cálcico
PbCO_3SO_4	Trioxocarbonato (IV) tetraoxosulfato (VI) de plomo (IV)	Carbonato-sulfato de plomo (IV)	Carbonato-sulfato plúmbico

Actividades de asimilación

A.15. Formula las siguientes compuestos cuaternarios:

Hidrógenosulfito de sodio, hidrógenosulfato de amonio, hidrógenofosfato de plomo (II), hidrógenotetraoxofosfato (V) de sodio, hidrógenotetraoxosulfato (VI) de hierro (II), hidrógenofosfato de hierro (III), Tris[hidrógenosulfato (VI)] de hierro, dihidrógenofosfato de oro (III), carbonato ácido de magnesio, carbonato ácido de aluminio, sulfito ácido cromoso, dihidrógenotetraoxoarseniato (V) de oro (III), nitrato básico de cinc, hidróxido-sulfato de hierro (III), cloruro-dihidróxido de bismuto (III), tetrahidróxido-sulfato de aluminio, sulfito básico de hierro (III), sulfato de amonio e hierro (III),

fluoruro de aluminio y sodio, clorato de mercurio (II) y plata, bromuro-carbonato de aluminio, cloruro-fluoruro bis-sulfato de sodio, seleniato de cinc y cobre (II).

A.16. Nombra los siguientes compuestos, con las tres nomenclaturas:

KHSO_4 , AgHCO_3 , NaHS , $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Au}_2(\text{HPO}_4)_3$, $\text{Sn}(\text{HCO}_3)_4$,
 $\text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Cr}(\text{HSO}_3)_3$, $\text{Cr}_4(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_3$, Fe_2OHPO_4 , $\text{Fe}_3(\text{OH})_2(\text{SO}_3)_2$,
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)\text{OH}$, $\text{KLi}(\text{NO}_3)_2$, CoNaPO_4 , $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, $\text{AgHg}(\text{ClO}_3)_3$,
 $\text{CrNa}(\text{IO}_3)_4$, NH_4SrF_3 , FeHS_2 , $\text{AuHg}(\text{NO}_2)_2$.

Apéndice A

Determinación del número de oxidación

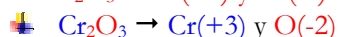
Las reglas básicas para obtener el número de oxidación (n.o.) son:

1. El número de oxidación de cualquier elemento libre es cero.
2. El n.o. del hidrógeno es +1, excepto en los hidruros metálicos que es -1.
3. El n.o. del oxígeno es -2, excepto en los peróxidos que es -1.
4. El n.o. de los metales es positivo.
5. El n.o. de un ión monoatómico es igual a la carga iónica.
6. La suma algebraica de los n.o. de los átomos de una molécula es cero.
7. La suma algebraica de los n.o. de los átomos de un ion poliatómico es igual a la carga iónica.

Aplicando estas reglas podemos obtener fácilmente el n.o. de cualquier elemento en un compuesto. Este conocimiento puede ayudarte a nombrar algunos iones o compuestos complicados, tal como veremos a continuación.

- **Compuestos binarios.** Es muy fácil calcular el n.o. en este tipo de compuesto, pues los n.o. se intercambian de manera que el de un elemento aparece como subíndice del otro (siempre que no estén simplificados).

Ejemplos:

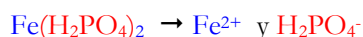


- **Compuestos ternarios y cuaternarios.** Algunos compuestos son difíciles de nombrar si no conseguimos recordar el nombre del anión. En estos casos se puede aplicar el siguiente procedimiento. Vamos a nombrar el compuesto:



Se trata de un compuesto nada fácil de nombrar pues, en principio, sólo podemos descartar que sea *di* o *piro*, pues el P no lleva el subíndice 2 en la molécula, pero no sabemos si es *meta* u *orto*, ni tampoco si se trata de un hipofosfito (P con n.o. +1), un fosfito (P con n.o. +3) o un fosfato (P con n.o. +5).

Así pues, necesitamos saber en primer lugar el n.o. del P en este compuesto, más concretamente en el anión:

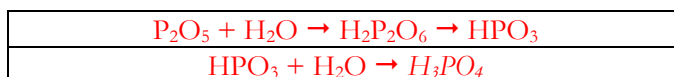


Para conocer el n.o. del P, podemos plantear la siguiente ecuación:

$$2 \cdot (+1) + x + 4 \cdot (-2) = -1, \text{ donde } x \text{ es el n.o. del P}$$

Resolviendo, tenemos que $x = 5$; es decir, el n.o. del P en este compuesto es +5.

Ahora ya sabemos que el óxido de partida es el P_2O_5 y que el compuesto es algún fosfato, pues el n.o. del P es el más alto. A partir de ahora se procede a formular sus oxoácidos como ya sabemos, con lo que podremos averiguar si se trata de un *meta* o un *orto*.



Así pues, proviene del ácido fosfórico, H_3PO_4 (el prefijo *orto* puede omitirse). Ya sólo falta tener en cuenta el número de hidrógenos en la sal ácida. En nuestro caso se trata del:

dihidrógenofosfato de hierro (II)

Apéndice B

Formulación de compuestos ternarios

En este apéndice vamos a ver otra forma de formular los compuestos ternarios, en concreto las oxisales y los oxoácidos. Se trata de un método más mecánico, que aún se imparte por muchos profesores de Químicas.

Un compuesto ternario (no tratamos los hidróxidos) está formado por un oxoanión que se une a otro elemento. Un oxoanión se forma cuando un elemento, generalmente un no metal, se rodea de uno o varios átomos de oxígeno mediante enlaces covalentes, aunque para completar los octetos necesitan unos o varios electrones. Los oxoaniones se nombran terminados en ito o en ato y, a veces, llevan un prefijo como hipo, per, meta, orto, ..., dependiendo del n.o. y del grupo al que pertenece el elemento unidos al oxígeno, según la siguiente tabla, que debes memorizar:

NÚMEROS DE OXIDACIÓN					Terminación SAL	Terminación ÁCIDO
Grupo 13	Grupo 14	Grupo 15	Grupo 16	Grupo 14		
		+1	+2	+1	hipo...ito	hipo...oso
+1	+2	+3	+4	+3	...ito	...oso
+3	+4	+5	+6	+5	...ato	...ico
				+7	per...ato	per...ico

Para determinar el número de átomos de oxígeno que rodean a este elemento, así como la carga del oxoanión, debes fijarte en la siguiente tabla, que también debes memorizar. El prefijo meta se omite habitualmente:

	Número oxidación	Carga	Número de oxígenos
(Meta-)	Impar	-1	$\frac{n.o. + carga}{2}$
	Par	-2	
Orto-	Impar	-3	
	par	-4	

Veamos un ejemplo. Vamos a formular el oxoanión **sulfato**. Buscamos el azufre (grupo 16) en la primera tabla (terminación **-ato**) y vemos que se le asigna el n.o. **+6**. Con este n.o. **par**, vamos a la segunda tabla y buscamos la carga: **2-** y el número de **oxígenos**:

$$\frac{6 + 2}{2} = 4$$

Fíjate que el n.o. y la carga se suman en valor absoluto. Así pues, la fórmula del anión sulfato es:



Estudiemos a continuación un ejemplo algo más difícil: **ortohipofosfito**. Buscamos la valencia del fósforo (grupo 15) en la primera tabla (terminación **hipo-...-ito**) y vemos que se le asigna el n.o. **+1**. Con este n.o. **impar**, vamos a la segunda tabla, fijándonos en el prefijo **orto** le corresponde una carga **-3** y el número de **oxígenos**:

$$\frac{1 + 3}{2} = 2$$

Así la fórmula del ión ortohipofosfito es: **PO₂³⁻**.

- **Oxisales**. Son combinaciones de un metal con un oxoanión. Se nombra primero el oxoanión y luego el metal.

Ejemplos:

- Sulfato de sodio: **Na₂SO₄**
- Ortohipofosfito de magnesio: **Mg₃(PO₂)₂**

- **Oxoácidos**. Son combinaciones de hidrógeno (n.o. +1) con un oxoanión. Se nombran como ácido ... y se cambia la terminación del oxoanión: ico en vez de ato, oso en vez de ito:

Ejemplos:

- Ácido sulfúrico: **H₂SO₄**
- Ácido ortohipofosforoso: **H₃PO₂**