

Formuleo y nomenclatura

Unidad 2

Apunte de cátedra

Química (05)
Dra Sandra Ferreira



Formuleo y nomenclatura

Nomenclatura de compuestos inorgánicos

Para nombrar o para escribir las fórmulas de los compuestos inorgánicos es necesario tener en cuenta cómo asignar los números de oxidación y las reglas de nomenclatura establecidas por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC).

Anteriormente, se ha definido que el número de oxidación de un átomo se refiere al número de cargas que tendría ese átomo si los electrones fueran transferidos por completo al átomo más electronegativo y se han indicado las reglas generales para asignar números de oxidación.

Existen diferentes formas de agrupar a los compuestos inorgánicos, por ejemplo según el número de elementos, se dividen en compuestos binarios, compuestos ternarios y compuestos cuaternarios.

Otra forma es agruparlos en las siguientes categorías: compuestos iónicos, compuestos moleculares, ácidos y bases.

Compuestos iónicos

En este grupo encontramos a los compuestos formados por cationes y aniones. En los compuestos que estén constituidos por cationes metálicos, se tiene en cuenta si los metales tienen un solo número de oxidación o más.

- En el primer caso, los cationes metálicos que provienen de metales con un solo número de oxidación, se nombran con la nomenclatura tradicional y con la moderna con el nombre del elemento. Por ejemplo:

K^+ ion potasio

Al^{3+} ion aluminio

Zn^{2+} ion zinc

- Si el metal posee más de un número de oxidación, se nombra:

a) con la nomenclatura moderna, se indica con un número romano entre paréntesis (numeral de Stock), el número de oxidación correspondiente al metal.

ion metal (numeral de Stock)

Ejemplos

Cu^{2+} ion cobre(II)

Cu^+ ion cobre(I)

b) con la nomenclatura tradicional, se asigna la terminación “oso” para indicar que el metal se presenta con el menor número de oxidación y la terminación “ico” para el mayor.

ion metal oso

ion metal ico

Ejemplos

Cu^{2+} ion cúprico

Cu^+ ion cuproso

Muchos compuestos iónicos son binarios, es decir que están constituidos por dos elementos. Según las reglas de nomenclatura, se nombra el anión no metálico seguido del catión metálico.

Por ejemplo las **sales no oxigenadas** están formadas por metal y no metal. El anión no metálico se nombra con el nombre del no metal y el sufijo “uro”.

no metal uro de metal

Ejemplos

LiCl cloruro de litio

SrBr₂ bromuro de estroncio

CuF₂ fluoruro de cobre (II) o fluoruro cúprico

CuF fluoruro de cobre (I) o fluoruro cuproso

Según las reglas actuales de nomenclatura, en las fórmulas de compuestos binarios, en general, se escribe primero el elemento menos electronegativo.

Para escribir una fórmula a partir del nombre es necesario considerar los símbolos de los elementos involucrados, y que la suma de las cargas de los cationes y de los aniones de una unidad fórmula debe ser igual a cero, para satisfacer la neutralidad eléctrica.

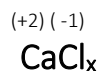
Ejemplo: Cloruro de calcio

Para escribir la fórmula de esta sal, consideramos los iones estables que forman los átomos de calcio y de cloro.

El ion estable que forma un átomo de calcio es: Ca²⁺

El ion estable que forma un átomo de cloro es Cl⁻

La suma de las cargas multiplicadas por los subíndices respectivos, es igual a cero.



$$(2+) + x \cdot (-1) = 0$$

Donde x es igual a 2.

Por lo tanto la fórmula es: **CaCl₂**

Otra forma posible es asignar correctamente los números de oxidación y tener en cuenta que la suma de los números de oxidación multiplicados por el subíndice debe ser igual a cero.

Ejemplo: fluoruro de hierro (III) o fluoruro férrico

El hierro actúa con número de oxidación +3, y el flúor actúa con número de oxidación - 1. En consecuencia se tiene:



$$\text{Si } x \cdot 3 + y \cdot (-1) = 0. \quad \text{Esta igualdad se cumple con } x = 1 \text{ e } y = 3$$

La fórmula es: **FeF₃**

Los **hidruros metálicos** son compuestos constituidos por hidrógeno y metal. El hidrógeno al unirse a metales actúa con número de oxidación -1, por lo que el ion es mononegativo, H y se nombra con el sufijo “uro”, hidruro.

Ejemplos:

NaH hidruro de sodio

CaH₂ hidruro de calcio

CuH hidruro de cobre (I) o hidruro cuproso

Otro ejemplo son los **óxidos de metales** formados por metal y oxígeno. El anión estable que forma el oxígeno es O²⁻ y se lo nombra óxido.

Ejemplos:

Li₂O óxido de litio

Al₂O₃ óxido de aluminio

FeO óxido de hierro (II) u óxido ferroso

Por ejemplo para escribir la fórmula del óxido de bario, consideramos que el ion estable del bario es Ba²⁺ y el del oxígeno O²⁻, en consecuencia la suma de dos cargas positivas y dos cargas negativas es cero, por lo tanto el subíndice para cada uno es 1, y no se indica.

Por lo tanto la fórmula es: **BaO**

Para escribir la fórmula del óxido de hierro (III) consideramos que el hierro actúa con número de oxidación +3 y el oxígeno con número de oxidación -2.

(+3) (-2)

Fe_xO_y

Se tiene que cumplir que:

$x \cdot (+3) + y \cdot (-2) = 0$. Por lo que $x = 2$ y $y = 3$.

La fórmula es: **Fe₂O₃**

Las oxosales son compuestos iónicos constituidos por tres elementos. Por cuestiones didácticas se analizan al final de este apunte.

Compuestos moleculares

Por lo general están formados por elementos no metálicos.

La nomenclatura de los compuestos moleculares binarios se hace de manera similar a la de los compuestos iónicos binarios.

Por ejemplo en los compuestos binarios constituidos por hidrógeno y no metal, el hidrógeno actúa con número de oxidación +1 y el no metal con el número de oxidación negativo. Estos compuestos se nombran **no metal* uro de hidrógeno**. Por ejemplo:

HCl cloruro de hidrógeno

H₂S sulfuro de hidrógeno

Si estas sustancias se encuentran disueltas en agua, se nombran

ácido no metal* hídrico*

HCl ácido clorhídrico

H₂S ácido sulfhídrico

*no metales posibles: los no metales de los grupos 16 (excepto el oxígeno) y 17.

Excepciones: algunos compuestos conservan el nombre común. Por ejemplo:

H ₂ O agua	SiH ₄ silano	CH ₄ metano** Los compuestos de fórmula general C _x H _y corresponden a la familia de compuestos orgánicos. Las reglas de nomenclatura se estudian aparte.
NH ₃ amoníaco	B ₂ H ₆ diborano	
PH ₃ fosfina	AsH ₃ arsina	

Por ejemplo para escribir la fórmula del yoduro de hidrógeno, consideramos que el yodo actúa con número de oxidación -1 y el hidrógeno con número de oxidación +1. En consecuencia:

(+1)((-1)

H_xI_y

Para que la fórmula sea correcta, se tiene que cumplir que:

$x \cdot (+1) + y \cdot (-1) = 0$. Es decir que x e y valen 1.

Por lo tanto la fórmula es: **HI**

Existen diferentes compuestos moleculares binarios. Para nombrarlos suele usarse la nomenclatura estequiométrica o por atomicidad. Se los nombra con prefijos griegos que indican el número de átomos de cada elemento, tales como mono, di, tri, tetra, penta, hexa, hepta, octa, nona, y deca. El prefijo “mono” se omite con

excepción del nombre común del CO, monóxido de carbono y para el primer elemento de la fórmula. Por ejemplo:

SO₂ dióxido de azufre

N₂O₃ trióxido de dinitrógeno

Br₂O₇ heptóxido de dibromo

N₂O₄ tetróxido de dinitrógeno*

* para el caso de los óxidos, en algunas ocasiones se omite la terminación “a” del prefijo.

Como en el caso anterior para escribir la fórmula a partir del nombre consideramos que los prefijos nos indican el número de átomos de los elementos.

Por ejemplo para escribir la fórmula del pentóxido de diyodo, tenemos en cuenta que la palabra pentóxido nos indica 5 átomos de oxígeno y diyodo, dos átomos de yodo.

Por lo tanto la fórmula es: I₂O₅

Ácidos y bases

Nomenclatura de ácidos

Un **ácido** se define como una especie química que cede iones hidrógeno (H⁺) cuando se disuelve en agua.

Por ejemplo los compuestos moleculares formados por no metales* e hidrógeno, disueltos en agua forman ácidos.

*no metales posibles: los no metales de los grupos 16 (excepto el oxígeno) y 17.

HCl ácido clorhídrico

H₂S ácido sulfhídrico

Existen ácidos constituidos por **hidrógeno, no metal y oxígeno**, a los que se denominan oxoácidos.

Los átomos de hidrógeno se unen por unión covalente a átomos de oxígeno (cada átomo de hidrógeno se une a un átomo de oxígeno) y éstos al átomo del no metal.

Para nombrarlos se tienen las siguientes consideraciones:

✓ Si el no metal posee un solo número de oxidación, se nombra:

ácido no metal ico

Ejemplo: H₂CO₃ Ácido carbónico

- ✓ Si el no metal posee dos o más números de oxidación, se nombra:

ácido no metal oso/ico

Ejemplos

H_2SO_3 ácido sulfuroso

HNO_3 ácido nítrico

Para los elementos del grupo 17 que poseen varios números de oxidación se usan prefijos y terminaciones.

+1 hipo no metal oso Ej. HClO ácido hipocloroso

+3 no metal oso

+5 no metal ico

+7 per no metal ico Ej. HClO_4 ácido perclórico

Los oxoácidos del fósforo y otros elementos que presentan algunas excepciones se detallan por separado.

A partir de las reglas de asignación de números de oxidación, la fórmula general de un oxoácido puede escribirse:



- Donde X es un no metal distinto** de hidrógeno y oxígeno.
- “y” es el número más pequeño que multiplicado por dos, es mayor que el número de oxidación del no metal.
- “a” se obtiene de la diferencia entre 2 multiplicado por “y” y el número de oxidación del no metal ($a = 2 \cdot y - \text{nro de oxidación}$).

Por ejemplo, para escribir la fórmula del ácido brómico, ubicamos los símbolos de los elementos intervinientes en la expresión general y los números de oxidación correspondientes. En este caso la terminación ico, indica que el bromo actúa con el número de oxidación +5.

(+1) (+5)(-2)



Según lo expuesto “y” tiene que ser un número que multiplicado por 2 sea mayor que 5 (número de oxidación con el que actúa el bromo, en dicho ácido). Por lo tanto $y = 3$, ya que 2 multiplicado por 3 es igual a 6, y 6 es mayor que 5.

“a” se obtiene multiplicando a 2 por 3, y al resultado se le resta 5. Es decir $a = 2 \cdot 3 - 5 = 6 - 5 = 1$.

Se reemplaza:

$$(+1)(+5)(-2)$$



Observamos que la suma de los números de oxidación multiplicada por los subíndices es igual a cero. $1 \cdot 1 + 5 + 3 \cdot (-2) = 0$

Como el 1 no se indica, la fórmula es: HBrO_3

Otro ejemplo puede ser la escritura de la fórmula del ácido sulfúrico, cuya expresión general es:

$$(+1)(+6)(-2)$$



Se siguen los pasos indicados “y” multiplicado por 2 tiene que ser mayor que 6, es decir que $y = 4$, pues $4 \cdot 2 = 8$.

$$a = 2 \cdot 4 - 6 = 8 - 6 = 2.$$

Se reemplaza

$$(+1)(+6)(-2)$$



La fórmula es H_2SO_4

Otra forma para escribir las fórmulas a partir del nombre es usar la siguiente regla:

- Si el número de oxidación del no metal** es impar, el número de átomos de hidrógeno es 1.
- Si el número de oxidación del no metal** es par, el número de átomos de hidrógeno es 2.

Considerando los números de oxidación se determina el número de átomos de oxígeno, por ejemplo:

Ácido brómico: El número de oxidación con el que actúa el bromo es impar (+5), en consecuencia:

$$(+1)(+5)(-2)$$



Para que se cumpla la 2da regla, $+1 + 5 = x \cdot -2$, en consecuencia $y = 3$

La fórmula es: HBrO_3

Importante: En las fórmulas no deben figurar los números de oxidación.

** Elementos como el fósforo, el silicio y el arsénico, entre otros, forman más de un oxoácido con el mismo número de oxidación. Por ejemplo:

FÓRMULA	NOMENCLATURA
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Ácido pirofosfórico o difosfórico
H_3PO_4	Ácido ortofosfórico*
H_4SiO_4	Ácido ortosilícico

Ácido ortofosfórico*: corrientemente se lo llama ácido fosfórico. Nombre que ha sido incluido en las "Recomendaciones 1990" de la IUPAC.

Nomenclatura de bases

Los hidróxidos metálicos se clasifican como bases.

Los hidróxidos, son compuestos constituidos por: **metal, oxígeno e hidrógeno**. Los hidróxidos están formados por iones metálicos y iones hidróxido (OH^-).

* Según las recomendaciones de la IUPAC el ion OH^- recibe el nombre de ion hidróxido. Los nombres hidroxilo y oxhidrilo no deben usarse.

Para nombrarlos se tienen las mismas consideraciones indicadas para los metales en los compuestos binarios.

- ✓ Si el metal posee un solo número de oxidación los hidróxidos se nombran:

hidróxido de metal

Ejemplos

NaOH Hidróxido de sodio

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ Hidróxido de magnesio

- ✓ Si el metal posee más de un número de oxidación, los hidróxidos se nombran, utilizando el numeral de Stock o las terminaciones oso/ico según corresponda.

Ejemplos

$\text{Co}(\text{OH})_2$ Hidróxido de cobalto (II) o hidróxido cobaltoso.

$\text{Ni}(\text{OH})_3$ Hidróxido de níquel (III) o hidróxido níquelico

Para escribir la fórmula de un hidróxido a partir del nombre, recordamos que en los compuestos iónicos es útil considerar las cargas de los iones, pues la suma de las cargas multiplicadas por los subíndices respectivos, es igual a cero. Por ejemplo para escribir la fórmula de un hidróxido sabemos que:

- el catión está constituido por el metal. Su carga coincide con el número de oxidación respectivo.
- el anión hidróxido tiene una carga negativa.



Si bien los electrones están representados por diferentes símbolos, recuerda que los electrones son todos iguales.

Es decir que al escribir la fórmula de un hidróxido hay que tener en cuenta que el número de iones hidróxido coincide con la carga del catión.

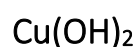
En forma general: M(OH)_x

Ejemplos:

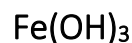
Escribir la fórmula del

- hidróxido de cobre (II)
- hidróxido férrico

i. En el hidróxido de cobre (II), el cobre actúa con número de oxidación +2, lo que implica que cada átomo de cobre forma al ion Cu^{2+} . Por lo tanto por cada ion Cu^{2+} hay 2 iones OH^- . Así se cumple que la suma entre las cargas es igual a cero. La fórmula es:



ii. En este caso, el hierro actúa con número de oxidación +3, lo que implica que cada átomo de hierro al ion Fe^{3+} . Es decir que por cada ion Fe^{3+} hay 3 iones OH^- . Por lo tanto la fórmula es:



Oxosales

Son compuestos constituidos generalmente* por: **metal, no metal y oxígeno**.

*Existen algunas sales constituidas por metal, metal y oxígeno, entre las que se encuentran cromatos, aluminatos, permanganatos.

Las oxosales están constituidas por cationes y aniones. Para nombrarlas se tendrá en cuenta que:

- los cationes se nombran con las consideraciones expuestas para los metales en los compuestos iónicos,
- los aniones se nombran *no metal"ato" o no metal"ito"*. Las terminaciones "oso" e "ico" utilizadas para los no metales en los oxoácidos se reemplazan por "ito" y "ato" respectivamente,
- es aconsejable separar el catión del anión, ya que la suma entre las cargas de los iones por unidad fórmula es cero,
- el número de oxidación del no metal se calcula teniendo en cuenta que la suma de los números de oxidación de los átomos involucrados en el anión es igual a la carga neta del ion.

Veamos algunos ejemplos:

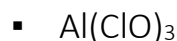


Para nombrarla tenemos en cuenta que el metal y el no metal tienen un sólo número de oxidación*.

Una unidad de fórmula de esta sal está formada por dos cationes y un anión. El catión sodio es monopositivo, por lo tanto por unidad fórmula hay 2 cargas positivas, en consecuencia el anión tiene dos cargas negativas y se denomina anión carbonato (CO_3^{2-}).

* Pues el carbono en compuestos inorgánicos ternarios sólo actúa con número de oxidación +4.

El nombre es: **carbonato de sodio**

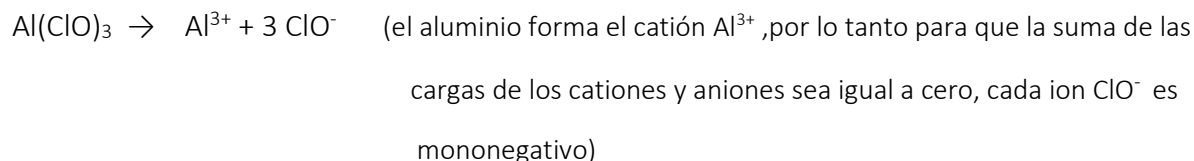


Una unidad de fórmula de esta sal está formada por un catión aluminio (Al^{3+}) y tres aniones.

Para poder nombrarla, busquemos el número de oxidación con el que actúa cada elemento.

El aluminio actúa con +3, el oxígeno con -2 y el número de oxidación del cloro se puede calcular teniendo en cuenta lo expresado anteriormente.

Se separan los iones:



Como la suma de los números de oxidación, multiplicados por el subíndice es igual a la carga neta del ion, entonces $+x + (-2) = -1$ donde x es el número de oxidación con el que actúa el cloro en esa sal, despejando $x = -1 + 2 = +1$

El nombre es: **hipoclorito de aluminio**

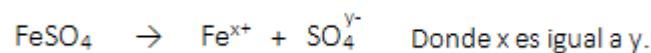


Una unidad de fórmula de esta sal está formada por un catión y un anión.

Se determinan los números de oxidación de los átomos en las especies involucradas.

El hierro puede actuar con los números +2 ó +3, el oxígeno -2 y el azufre +4 ó +6 (el ± 2 sólo en compuestos binarios).

Se separan los iones:



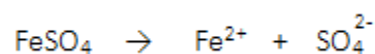
En el SO_4^{y-} el número de oxidación con el que actúa el azufre es el menor y más próximo al producto entre el subíndice que se encuentra en el oxígeno y dos (ver cómo determinamos en los oxoácidos el número de átomos de oxígeno).

$$4 \cdot 2 = 8$$

De manera que el número de oxidación con el que actúa el azufre en esa sal es +6 y no +4 (pues 6 es menor y más próximo a 8). Por lo tanto la carga del anión se puede determinar:

$$4 \cdot (-2) + 6 = +8 + 6 = -2$$

y como el número de cargas negativas es igual al el número de cargas positivas, el hierro actúa con número de oxidación +2.



En consecuencia el nombre es: **sulfato de hierro (II) o sulfato ferroso**

En forma general, los nombres son:

no metal⁽¹⁾ ito/ato de metal

no metal⁽¹⁾ ito/ato metal oso/ico

o no metal⁽¹⁾ ito/ato de metal (número romano)⁽²⁾

⁽¹⁾ Agregando los prefijos hipo o per según corresponda.

⁽²⁾ Siempre que el metal posea varios números de oxidación, sino no se indica.

En la siguiente tabla figuran algunos ejemplos

FÓRMULA	NOMBRE
FePO_4	Ortofosfato de hierro (III) u ortofostato férrico
$\text{Cu}(\text{BrO}_3)_2$	Bromato de cobre (II) o bromato cúprico
NiSO_3	Sulfito de níquel (II) o sulfito niqueloso
$\text{Co}(\text{ClO})_2$	Hipoclorito de cobalto (II) o hipoclorito cobaltoso
Na_2SO_3	Sulfito de sodio
$\text{Ca}(\text{IO}_4)_2$	Peryodato de calcio

Para escribir la fórmula a partir del nombre es conveniente escribir el catión separado del anión y teniendo en cuenta que la suma entre las cargas es cero, entonces escribir la fórmula.

El número de cargas positivas del catión metálico coincide con el número de oxidación con el que actúe el metal en la sal. Mientras que para determinar la carga del anión es conveniente escribir la fórmula general del oxoanión y recordar cómo determinamos el número de átomos de oxígeno en los oxoácidos.



“b” es el número más pequeño que multiplicado por dos, es mayor que el número de oxidación del no metal.

“y” se obtiene de la suma entre -2 (número de oxidación del oxígeno) multiplicado por “b” y el número de oxidación del no metal. ($y = (-2) \cdot b + \text{nro de oxidación}$).

Por ejemplo para escribir la fórmula del **nitrate de cobre (II)**, usamos la información que nos brinda el nombre. El cobre actúa con número de oxidación + 2 y el nitrógeno* con + 5, ya que la terminación es *ato* indica que actúa con el mayor de los números de oxidación.

* El nitrógeno tiene varios números de oxidación. Para compuestos ternarios y oxoaniones solo actúa con +3 y +5. La terminación *ato* corresponde al mayor.

En consecuencia el catión es Cu^{2+} y el anión NO_b^{y-} . En donde b es igual a 3, pues 3 multiplicado por dos es mayor que 5.

Por lo tanto la carga del anión es $y = -2 \cdot 3 + 5 = -6 + 5 = -1$

Es decir que tenemos los iones Cu^{2+} y NO_3^- para que la suma entre las cargas de los iones sea cero la fórmula es:



Para escribir la fórmula del **sulfato de magnesio** tenemos en cuenta que según la nomenclatura el azufre* actúa con número de oxidación + 6, mientras el magnesio actúa con + 2 (solo presenta número de oxidación +2).

Separando en iones Mg^{2+} y SO_b^{y-}

* El azufre tiene varios estados de oxidación +/- 2, 4, 6. Para compuestos ternarios y oxoaniones solo actúa con +4 y +6.

“b” es igual a 4, pues 4 multiplicado por 2 es mayor que 6. Y la carga del anión es:

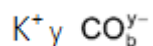
$y = (-2) \cdot 4 + 6 = -2$.

En consecuencia tenemos Mg^{2+} y SO_4^{2-}

Por lo que la fórmula es **MgSO₄**

Por último para escribir la fórmula del **carbonato de potasio**.

El carbono actúa con número de oxidación +4 y el potasio con +1. Al separar los iones queda



Donde “b” es 3, pues 3 multiplicado por 2 es 6, y 6 es mayor que 4 (número de oxidación del carbono), y

“y” = $(-2) \cdot 3 + 4 = -2$. Por lo tanto el anión es divalente, y la fórmula es



** Elementos como el fósforo, el silicio y el arsénico, entre otros, forman más de una oxosal con el mismo número de oxidación. Por ejemplo alguno de los iones que forman son:

$P_2O_7^{4-}$ Anión pirofosfato

PO_4^{3-} Anión ortofosfato

Otras sales

A continuación se detallan ejemplos de sales que tienen hidrógeno en su estructura.

NaHS hidrógenosulfuro de sodio

AgHS hidrógenosulfuro de plata

NaHCO₃ hidrógenocarbonato de sodio o bicarbonato de sodio

KH₂PO₄ dihidrógenofosfato de potasio

Las sales de amonio corresponden a una excepción, pues el catión no es un metal.

La fórmula del ion amonio es NH_4^+

Por ejemplo:

NH₄Cl cloruro de amonio

(NH₄)₂SO₄ sulfato de amonio

Para escribir fórmulas de dichas sales, tendremos en cuenta que la carga del ion amonio es 1+ y las mismas consideraciones expuestas anteriormente.