

FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA

Nota previa: A lo largo de estas páginas, se utilizarán la siguiente notación, que se mostrará siempre en *cursiva* y color **rojo**:

A: nombre de un elemento.

(A): radical obtenido del nombre latino o castellano de ese elemento.

(n): prefijo correspondiente al valor numérico de n.

(*): valencia de un elemento, expresada en números romanos.

(n): prefijo especial, derivado del valor numérico de n, correspondiente a sales ácidas o neutras

1. COMPUESTOS BINARIOS

1.1. Con hidrógeno.

1.1.1. Hidruros.

Se denominan hidruros a las combinaciones binarias de un elemento, de carácter metálico o semimetálico, con el hidrógeno. La fórmula general de este tipo de compuestos es MH_m , siendo M el metal, m, su valencia y H el hidrógeno. Se considera que forman hidruros los elementos pertenecientes a las columnas de la tabla periódica desde la I A hasta la V A.

Para elementos de las columnas A, la valencia con que actúan frente al hidrógeno es única, y viene dada por el siguiente criterio:

$$\text{valencia} = \begin{cases} n^\circ \text{ columna } (*) \\ 8 - n^\circ \text{ columna } (**) \end{cases}$$

(*) Si el número de columna es ≤ 4 .

(**) Si el número de columna es ≥ 4

Hay que hacer constar que este criterio es aplicable, **tanto a los hidruros como a los hidrácidos**.

Para elementos de transición, los compuestos con hidrógeno no suelen ser verdaderos hidruros, por lo que no podemos hablar propiamente de una valencia para estos elementos.

Para nombrar a los hidruros, podemos utilizar dos tipos de nomenclatura: la **sistemática (IUPAC)** o la **tradicional**.

Sistemática: El nombre de un hidruro responderá a: **(m)**hidruro de **M**, donde (m) corresponderá a un prefijo que depende del valor numérico de m: así, para $m = 2$, el prefijo será *di*, para $m = 3$, *tri*, y así sucesivamente, y **M** será el nombre del elemento. La parte en cursiva es la que varía para cada una de las fórmulas. De esta forma, el compuesto CaH_2 se llamará *di*hidruro de *calcio*, mientras que el AlH_3 se nombrará como *tri*hidruro de *aluminio*

Tradicional: En el caso de elementos de columnas A, al ser única la valencia frente al hidrógeno, podemos prescindir del prefijo correspondiente a M. Los compuesto del ejemplo anterior, se nombrarían como hidruro de calcio e hidruro de aluminio, respectivamente.

Cuando un elemento no pertenezca a una de las columnas A de la tabla periódica, se nombrará de la forma hidruro de **M(*)**, donde (*) será la valencia de M, escrita con números romanos. Por ejemplo, $CuHse$ nombraría como hidruro de *cobre (I)*

1.1.2. Hidrácidos.

Se denominan hidrácidos a los compuestos con hidrógeno de los elementos de las columnas VI A y VII A (salvo el oxígeno). Las valencias de estos elementos son las que se habían indicado anteriormente (2 para los elementos de la columna VI y 1 para los de la columna VII). La fórmula general de estos compuestos es H_nN , siendo N el no metal, n su valencia y H el hidrógeno. Cabe

destacar que, a diferencia de los hidruros, donde se escribía en primer lugar el metal, se escribe en primer lugar el hidrógeno.

En la nomenclatura **sistemática**, el nombre del hidrácido será (*N*)uro de (*n*)hidrógeno, donde (*N*) será un radical tomado del nombre castellano o latino del elemento (así, por ejemplo, el radical correspondiente al cloro será *clor*, mientras que el que corresponde al azufre será *sulf*) y (*n*), un prefijo correspondiente al valor numérico del subíndice, tal y como se había indicado en el caso de los hidruros.

Los compuestos H_2Te y $HBrSe$ nombrarían, con esta nomenclatura, como *telururo* de *di*hidrógeno y *bromuro* de hidrógeno, respectivamente.

En la nomenclatura **tradicional** sucede algo parecido a lo que sucede en la de los hidruros: al ser única la valencia del no metal, puede prescindirse del prefijo correspondiente a (*n*), por lo que los compuestos nombrados anteriormente en sistemática se nombrarían ahora como *telururo* de hidrógeno y *bromuro* de hidrógeno, respectivamente.

Por último, si el hidrácido se encuentra en disolución acuosa (abreviadamente, $H_nN(aq)$), se nombraría de la forma: ácido (*N*)hídrico, donde (*N*) sería, al igual que anteriormente, el radical correspondiente al no metal, N. De esta forma, los ácidos $HCl(aq)$ y $H_2Se(aq)$ se nombrarían como ácido *clor*hídrico y ácido *selen*hídrico, respectivamente.

1.2. Con oxígeno.

1.2.1. Óxidos.

Los óxidos son combinaciones binarias de un elemento, ya sea metal o no metal, con oxígeno. Responden a la fórmula E_2O_e (en el caso de que la valencia del elemento sea un número impar), o bien a la fórmula EO_e , cuando la valencia del elemento sea par y, por tanto se hayan dividido por dos los subíndices de oxígeno y E. Cabe mencionar que, en el primer caso, la valencia del elemento es e, mientras que, en el segundo caso, la valencia es $2 \cdot e$. Existen tres nomenclaturas diferentes para los óxidos: sistemática (IUPAC), Stock y tradicional. En cada una de ellas, los óxidos se nombran de la siguiente forma:

Sistemática: (*e*)óxido de (***)*E*, donde (*e*) es un prefijo correspondiente al valor numérico de e (mono, di, tri, tetra, . . .) y (***) será el prefijo *di* cuando el elemento lleve un subíndice 2, y no habrá prefijo cuando el subíndice del elemento sea 1. Por ejemplo, los compuestos Cl_2O_3 y NO_2 se nombrarán como *tri*óxido de *dicloro* y *di*óxido de *nitrógeno*, respectivamente.

Stock: Todos los óxidos se nombran de la forma: óxido de *E*(***), siendo *E* el nombre del elemento y (***) su valencia, expresada en números romanos. De esta forma, los ejemplos anteriores se nombrarán ahora como óxido de *cloro* (*III*) y óxido de *nitrógeno*(*IV*), respectivamente.

Tradicional: Si el elemento tiene dos posibles valencias, los óxidos se nombran con la palabra óxido, seguida de un radical correspondiente al nombre del elemento E, terminado en *oso* o *ico*, según la valencia de E sea la mayor o la menor, respectivamente. Si la valencia del elemento es única, se puede optar por llamarle óxido (*E*)ico (siendo (*E*) un radical correspondiente al nombre del elemento) o bien óxido de *E*. En el caso de que el elemento tenga cuatro valencias, por ejemplo, el cloro, los óxidos se nombrarán así:

Cl_2O	óxido hipocloroso
Cl_2O_3	óxido cloroso
Cl_2O_5	óxido clórico
Cl_2O_7	óxido perclórico

Como puede verse, los dos óxidos que presentan valencias menores (I y III) tienen la terminación *oso*, mientras que los que poseen las dos valencias mayores, tienen la terminación *ico*. Para distinguir entre los dos óxidos de valencias menores, se añade el prefijo *hipo* al óxido donde el elemento tenga la valencia mínima, mientras que para distinguir los óxidos donde el elemento tiene las valencias mayores, se añade el prefijo *per* a aquel donde el elemento actúe con la valencia máxima.

Por último, hay que mencionar, dentro de la nomenclatura tradicional, el término *anhídrido*, que se emplea (aunque poco frecuentemente) para nombrar a los óxidos de no metales, por ejemplo, SO_2 , anhídrido sulfuroso, Cl_2O_7 , anhídrido perclórico, etc.

1.3. Compuestos metal-no metal y no metal-no metal.

En la mayor parte de los casos, puede considerarse a los compuestos metal-no metal como derivados de los hidrácidos, H_nN , al sustituir el hidrógeno por un metal. Salvo unas pocas excepciones, la valencia del no metal en este tipo de compuestos es única, coincidiendo con el criterio que se indicó al tratar sobre hidruros e hidrácidos. Los compuestos no metal-no metal son combinaciones binarias entre dos no metales. La fórmula general para este los dos tipos de compuestos es M_nN_m , siendo M el elemento que presenta una menor electronegatividad (propiedad que depende de su situación en la tabla periódica y que es tanto mayor cuanto más hacia arriba y hacia la derecha se encuentre el elemento en dicha tabla periódica), y N el elemento de mayor electronegatividad.

Existen dos tipos de nomenclatura aplicables a estos compuestos, la sistemática (IUPAC) y la de Stock.

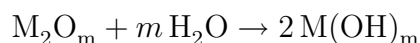
Sistemática: $(m)(N)$ uro de $(n)M$, donde (m) y (n) son un prefijos relacionado con los valores numéricos de m y n, y (N) , un radical que se forma a partir del nombre del elemento, al igual que sucedía en los hidrácidos. M es el nombre del elemento. Por ejemplo, los compuestos FeCl_3 y Si_3N_4 son, respectivamente, el *triclóruo* de *hierro* y el *tetranitróruo* de *trisilicio*.

Stock: (N) uro de $M (*)$. Al igual que en el caso anterior, (N) y M son un radical derivado del nombre de N y el nombre de M, respectivamente. El asterisco (*) indica la valencia de M, escrita con números romanos, que sólo se pondrá cuando la valencia de M no sea única. De esta forma, los ejemplos que hemos nombrado anteriormente en sistemática se nombrarán ahora como *clóruo* de *hierro (III)* y *nitróruo* de *silicio*.

2. COMPUESTOS TERNARIOS

2.1. Hidróxidos.

Los hidróxidos pueden ser considerados como los productos de la reacción entre el óxido de un metal y el agua, de la forma:



Así, podemos decir que la fórmula general de un hidróxido es $\text{M}(\text{OH})_m$

Los hidróxidos pueden ser nombrados utilizando la nomenclatura sistemática y la de Stock. En la nomenclatura **sistemática**, estos compuestos pueden ser nombrados de la forma: (m) hidróxido de M , por ejemplo, $\text{Ni}(\text{OH})_3$ sería el *trihidróxido* de *níquel* y el NaOH , el hidróxido de *sodio*. En la nomenclatura tradicional, el nombre de estos compuestos sería: hidróxido de $M(*)$, siendo M el nombre del elemento y (*), su valencia. Los dos ejemplos anteriores se nombrarían aquí como hidróxido de *níquel (III)* e hidróxido de *sodio* (nótese que, al ser única la valencia del sodio, no hace falta citarla en esta nomenclatura).

2.2. Sales ácidas de hidrácidos.

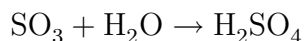
Al igual que en una sal neutra de un hidrácido (tal como un compuesto binario metal-no metal), la totalidad del hidrógeno del hidrácido es sustituida por el metal, en una sal ácida de hidrácido, el hidrógeno es sustituido parcialmente por el metal. Dado que los hidrácidos sólo pueden ser de la forma HN o H_2N , veremos que, sólo este último tipo de hidrácidos puede dar lugar a compuestos donde se sustituya parcialmente el hidrógeno por un metal. De acuerdo con esto, las sales ácidas de hidrácidos responderán a la fórmula general: $\text{M}(\text{HN})_n$.

Nombraremos este tipo de compuestos utilizando las nomenclaturas sistemática y de Stock. En la primera, el nombre se forma así: (n) -hidrógeno (N) uro de M , siendo (n) un prefijo especial, diferente al que venimos empleando. Así, si $n = 2$, el prefijo será *bis*, si $n = 3$, *tris*,

para $n = 4$, *tetraquis*, etc. En la nomenclatura de Stock, el nombre se forma de la siguiente manera: hidrogeno(*N*)uro de *M*. En ambas nomenclaturas, (*N*) es un radical procedente del nombre de N, y *M* el nombre del metal. Como ejemplo, los compuestos NaHS y Ni(HSe)₂ se llamarían, respectivamente, hidrogeno*sulfuro* de *sodio* y *bis*-hidrogeno*seleniuro* de *níquel* (en la nomenclatura sistemática), e hidrogeno*sulfuro* de sodio e hidrogeno*seleniuro* de *níquel (II)* (obsérvese que no se menciona la valencia del sodio, al tener éste valencia única).

2.3. Oxoácidos.

Al igual que los hidróxidos podían ser considerados como el resultado de hacer reaccionar un óxido de un metal con agua, los oxoácidos se consideran como el resultado de la reacción entre un óxido de un no metal (anhídrido) y agua. Un ejemplo de esto podría ser el siguiente:



Con lo que, los oxoácidos podrían responder a la fórmula general $\text{H}_a\text{X}_b\text{O}_c$.

La nomenclatura de oxoácidos puede ser de dos tipos: sistemática y tradicional. Veamos ahora cada una de ellas:

Sistemática: (*c*)oxo(*b*)(*X*)ato(***)de hidrógeno, siendo (*c*) y (*b*) los respectivos subíndices del oxígeno y del no metal, (*X*), un radical que deriva del nombre de X y (***), la valencia de X.

Para calcular la valencia de X (de forma más precisa, el estado de oxidación de X), recurrimos al siguiente artificio: asignamos al hidrógeno el estado de oxidación +1, y al oxígeno, el estado de oxidación -2. Si el elemento X tiene un estado de oxidación *x*, planteamos la siguiente ecuación, para la fórmula general $\text{H}_a\text{X}_b\text{O}_c$:

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

donde, como vemos la suma del subíndice de cada uno de los elementos, multiplicado por su estado de oxidación, se iguala a cero. El valor de *x*, despejado de esta ecuación, nos dará el estado de oxidación de X.

Ejemplo: en el $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_5$, para calcular el estado de oxidación del As, planteamos la siguiente ecuación:

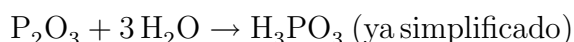
$$4 \cdot 1 + 2 \cdot x + 5(-2) = 0$$

lo que nos da como resultado $x = 3$, por tanto, el ácido se nombra como pentaoxidarseniato (III) de hidrógeno.

De acuerdo con este criterio, el H_3PO_3 se nombraría como *trioxofosfato(III)* de hidrógeno, mientras que el $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ se nombraría como *heptaxodisulfato(VI)* de hidrógeno.

La nomenclatura tradicional parte de la idea de que el ácido se llama igual que el óxido del que deriva. De esta forma, del óxido hipocloroso, Cl_2O deriva el ácido hipocloroso, HClO, mientras que del óxido sulfúrico, SO_3 , deriva el ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

No obstante lo anterior, hay que hacer un matiz. Como se ha dicho anteriormente, el oxoácido procede de la reacción con agua de un óxido de no metal, pero un mol de óxido no reacciona necesariamente con un mol de agua. Veamos, por ejemplo, las siguientes reacciones:



El primero de los ácidos, HPO_2 , se denomina metafosforoso, mientras que el H_3PO_3 , se denomina ortofosforoso. Un tercer tipo de ácido es el *piro* o *di*, donde el subíndice de X es 2.

Dada la gran variedad de casos que se presentan vamos a considerar los ácidos más habituales en función de la columna de la tabla periódica a que pertenezcan los elementos. Debe hacerse constar que, en todos los casos, el prefijo del ácido más habitual, no se pone a la hora de nombrar dicho ácido

- Columna III A.- el boro forma dos ácidos: HBO_2 y H_3BO_3 . Como el primero de ellos es el más frecuente, le llamaremos ácido bórico, mientras que el segundo será el ácido ortobórico.
- Columna IV A.- Los ácidos más habituales del carbono y el silicio son de tipo meta, por lo que no se pone el prefijo. Estos ácidos serían H_2CO_3 (ácido carbónico) y H_2SiO_3 (ácido silícico. También existe un ácido de tipo orto, el H_4SiO_4 , ácido ortosilícico.
- Columna V A.- En nitrógeno forma como ácidos más habituales el nitroso, (HNO_2) y el nítrico, HNO_3 , que son de tipo meta. Para los elementos fósforo, arsénico y antimonio, existen los tres tipos de ácido (meta, piro y orto), siendo los de tipo orto los más habituales, y, por tanto, no se utiliza el prefijo orto. A título de ejemplo, aplicable a arsénico y antimonio, podemos poner los ácidos del fósforo:

HPO_2	ácido metafosforoso	HPO_3	ácido metafosfórico
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$	ácido pirofosforoso	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	ácido pirofosfórico
H_3PO_3	ácido fosforoso	H_3PO_4	ácido fosfórico

- Columna VI A.- Los ácidos más habituales para el azufre, selenio y telurio son los de tipo meta (H_2XO_3 y H_2XO_4), representando X a cualquiera de los elementos citados. Existen también ácidos de la forma ($\text{H}_2\text{X}_2\text{O}_5$ y $\text{H}_2\text{X}_2\text{O}_7$), que se nombrarían como ácido piro(X)oso y ácido piro(X)ico.
- Columna VII A.- Los ácidos más habituales son de tipo meta (HXO , HXO_2 , HXO_3 y HXO_4), que se nombrarían como hipo(X)oso, (X)oso, (X)ico y per(X)ico. Existe también un ácido ortoperiódico, H_5IO_6 .

2.4. Sales neutras de oxoácidos.

En este tipo de compuestos, se sustituye totalmente el hidrógeno de un oxoácido por un metal. De esta forma, a partir de un ácido $\text{H}_a\text{X}_b\text{O}_c$, se obtendrá una sal neutra, de fórmula $\text{M}_a(\text{X}_b\text{O}_c)_m$.

Existen dos nomenclaturas aceptadas para las sales neutras de oxoácidos. La primera de ellas, **sistemática** nombra a la sal neutra que acabamos de escribir de la forma: *(m)-(c)oxo(b)(X)ato(*)* de *M*. Así, el $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ se nombraría como *tris-tetraoxosulfato (VI)* de *hierro*, mientras que el AlPO_3 se llamaría *trioxofosfato (III)* de *aluminio*.

Para calcular el estado de oxidación (término más preciso que el de valencia) del elemento X, se procede de la misma forma que para el caso de los oxoácidos, cambiando el estado de oxidación del hidrógeno (+1) por el de M.

En el caso de la nomenclatura tradicional, el nombre de la sal deriva del nombre del ácido del que proceda. Así, de un ácido terminado en *ico*, se obtendrá una sal terminada en *ato*. Se indicará, por último, la valencia del metal, en caso de que no tenga valencia única. Los dos ejemplos nombrados anteriormente en sistemática, se nombrarían, utilizando la nomenclatura tradicional, de la forma *sulfato* de hierro (III) y *fosfito* de aluminio, respectivamente.

Cuando el ácido lleve un prefijo del tipo meta, piro, hipo, per . . . , al nombrar la sal se mantiene el prefijo. Así, las sales NaClO , $\text{Ca}(\text{PO}_2)_2$ y FeS_2O_7 , se nombrarían, respectivamente, como hipoclorito de sodio, metafosfito de calcio y piro-sulfato de hierro (II)

3. COMPUESTOS CUATERNARIOS

3.1. Sales ácidas de oxoácidos.

En estas sales, a diferencia de las sales neutras, no se sustituye totalmente el hidrógeno del ácido por un metal, sino que esta sustitución se hace de forma parcial. Así, por ejemplo, del ácido H_3PO_4 se pueden obtener las siguientes sales, al sustituir el hidrógeno por calcio: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (sal neutra), CaH_2PO_4 y $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$ (las dos últimas, sales ácidas). Como puede comprobarse, en la sal CaHPO_4 , se ha producido una simplificación, pues tanto el Ca como HPO_4 debería llevar como subíndice un dos.

Existen dos nomenclaturas para este tipo de compuestos. La primera de ellas es la **sistemática**. Si tomamos como fórmula general de una sal ácida la siguiente: $M_a(H_dX_bO_c)_m$, su nombre sería *(m)-(d)hidrogeno(c)oxo(b)(X)ato(*) de M*. Veamos, siguiendo este esquema, cómo nombraríamos las dos sales ácidas anteriormente escritas. La primera de ellas se nombraría como *di*hidrogeno*tetraoxo*fosfato(V) de *calcio*, mientras que la segunda se nombra como *bis*hidrogeno*tetraoxo*fosfato(V) de *calcio*.

Una segunda nomenclatura, también aceptada por la IUPAC, utiliza las terminaciones *ito* y *ato*, además de especificar la valencia del metal. Así, de los ácidos terminados en *oso*, derivarán las sales terminadas en *ito*, mientras que de los ácidos terminados en *ico*, derivarán las sales terminadas en *ato*. Las sales $Fe(HSO_3)_2$ y K_2HPO_4 se nombrarían como hidrogenosulfito de hierro (II) e hidrogenofosfato de potasio (nótese que, en este último caso, no se pone la valencia del potasio, al ser única).

4. CATIONES Y ANIONES

4.1. Cationes. Cuando un átomo pierde electrones, adquiere una carga neta positiva, por lo que se convierte en un ion positivo, o anión. La nomenclatura sistemática de estos iones es muy simple: basta con poner el nombre del elemento y, a continuación, entre paréntesis y en números romanos, su valencia. Por ejemplo, Cu^{2+} se nombraría como ion cobre (II), mientras que el Co^{3+} se nombraría como ion cobalto (III).

4.2. Aniones. Se denominan aniones a las especies químicas que, procedentes de la disociación de ácidos o sales, poseen carga negativa. Estos aniones pueden ser monoatómicos (procedentes de la disociación de un hidrácido o de una sal de hidrácido), como en los casos S^{2-} o Cl^- , o poliatómicos (como los que proceden de la disociación de oxoácidos o sales de los mismos), como los siguientes: ClO_4^- y CrO_4^{2-} .

En el caso de aniones monoatómicos, la nomenclatura sistemática de iones del tipo X^- sería ion *(X)uro*. Los dos ejemplos mencionados se nombran como ion sulfuro e ion cloruro.

Para los iones poliatómicos, se procede de forma parecida a la nomenclatura de oxoácidos y sales. Así, para un ion de la forma $X_bO_c^-$, su nomenclatura sistemática sería ion *(c)oxo(b)(X)ato(*)*. De esta forma, los ejemplos antes mencionados se nombrarían como ion tetraoxoclorato (VII) e ion tetraoxocromato (VI), respectivamente.