

REGLAS DE NOMENCLATURA EN LA QUÍMICA INORGÁNICA

Se sabe que existen millones de sustancias químicas conocidas y que, evidentemente, representaría un gran problema tratar de designar a cada una de ellas con nombres inventados sin considerar alguna forma sistemática. Es por esta razón que se ha desarrollado un conjunto de reglas que permiten generar un nombre para cada sustancia en función de su fórmula molecular. La primera clasificación que existe, distingue a los compuestos orgánicos de los inorgánicos. En esta ocasión se hará referencia a los compuestos inorgánicos, que son de interés para este curso. Para organizar y simplificar el estudio de la nomenclatura química de los compuestos inorgánicos se dividirán en cuatro categorías: compuestos iónicos, compuestos moleculares, ácidos-bases, e hidratos.

Compuestos iónicos

Un ion puede ser ya sea monoatómico, cuando sólo está formado por un elemento (como el Na^+) o bien poliatómico, cuando está formado por varios elementos (como el SO_4^{2-}). A los iones con carga positiva se les llama cationes, mientras que los iones con carga negativa reciben el nombre de aniones. En general, los cationes son iones metálicos y los aniones son iones no metálicos. En consecuencia, los compuestos iónicos son combinaciones de metales y no metales.

Los compuestos iónicos se nombran de acuerdo al apelativo de los iones de los cuales son formados. Por ejemplo, CaS está formado por el ion calcio y el ion sulfuro (en la tabla 1.1 se muestran los nombres de cationes y aniones más comunes, con sus respectivas cargas). El nombre de este compuesto siguiendo las reglas de nomenclatura será sulfuro de calcio. Nótese que, haciendo contraste, en la fórmula se escribe primero el ion positivo y en seguida el ion negativo, mientras que al nombrarlo se hace referencia primero al ion negativo y después al positivo. En general los nombres de los aniones monoatómicos tienen como raíz el nombre del elemento (hay que cuidar excepciones) y tiene como terminación la terminación $-\text{uro}$. Para el caso del F^- , proviene del elemento F_2 (flúor), por lo que se le da el nombre de ion fluoruro. El Cl^- se llama ion cloruro; el P^{3-} , ion fosfuro; el N^{3-} , ion nitruro; y de manera semejante con otros aniones. Para el caso de los cationes es un poco más sencillo ya que, como se trata de iones metálicos, en la mayoría de los casos, el nombre es el mismo al del elemento en su forma nativa. Así, el Na^+ se conoce como ion sodio; el Ag^+ , ion plata; el Cd^{2+} , ion cadmio; y así con el resto de los iones metálicos. Hay que cuidar, sin embargo, los casos en los que los metales pueden presentar estados de oxidación diferentes, como es el caso del manganeso (Mn) que puede ser ya sea $+2$, $+4$, $+6$ y $+7$. Para poder distinguir al estado de oxidación del elemento cuando se nombra existen dos formas posibles de hacerlo: la primera es escribiendo, después del nombre del ion, en número romano y entre paréntesis el número de estado de oxidación (ion manganeso (II), por ejemplo). Algunas veces la designación con el número romano resulta innecesaria, debido a que algunos metales sólo presentan

un estado de oxidación, entre ellos se encuentran: Na^+ , K^+ , Cs^+ , Ag^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} y Al^{+3} , entre otros. Un método antiguo, pero que aún es empleado para distinguir entre dos estados de oxidación de un mismo elemento es por medio de las terminaciones $-\text{oso}$ e $-\text{ico}$, para el menor y el mayor valor, respectivamente. De este modo, para el caso del hierro (Fe) los iones que se pueden obtener

(Fe^{+2} y Fe^{+3}) se podrán nombrar como ion hierro (II) o ion ferroso, y ion hierro (III) o ion férrico, respectivamente. Los cationes poliatómicos son poco comunes. Los dos más importantes que se pueden encontrar son el NH_4^+ y el Hg_2^{+2} , llamados ion amonio y ion mercurio (I) o ion mercuroso, respectivamente.

Cuando los cationes tienen un solo estado de oxidación, también se le puede dar la terminación $-\text{ico}$. Por ejemplo el NaCl puede ser llamado cloruro de sodio o bien cloruro sódico.

En general las propiedades de los compuestos dependen fuertemente del estado de oxidación. Aún y cuando se encuentren formados por los mismos elementos el Hg_2Cl_2 y el HgCl_2 , el estado de oxidación del ion mercurio (+1 y +2, respectivamente) ocasiona que el primero sea insoluble en agua, mientras que el segundo sí es soluble. Por esta razón el llamar a un compuesto simplemente cloruro de mercurio podría ocasionar cierta incertidumbre al manejar la sustancia, de ahí que sea importante una nomenclatura más completa y detallada.

Conviene mencionar que al número de oxidación también se le conoce como número de valencia o simplemente valencia.

EJEMPLO 1.1.

Considérese que en un laboratorio uno de los frascos tiene en su etiqueta la fórmula NaHSO_3 . ¿Cuál es el nombre del reactivo?

Solución: Primero que nada hay que distinguir las especies involucradas en la fórmula. Se puede encontrar que el catión es Na^+ y el anión HSO_3^- . Después se debe identificar el nombre de cada uno de los iones. El primero recibe el nombre de ion sodio, mientras que el segundo se llama ion bisulfito (Tabla 1.1). Ahora sólo resta unir ambos nombres, mencionando primero al anión y luego al catión, usando como enlace la palabra de. De este modo el nombre del reactivo es bisulfito de sodio. (Notese que las palabras ion, catión y anión desaparecen del nombre del compuesto, puesto que este NO TIENE CARGA).

EJEMPLO 1.2.

En el mismo laboratorio se encontró otro frasco que tenía impresa la fórmula $\text{Pb}(\text{Cr}_2\text{O}_7)_2$. ¿Cuál es el nombre de esta sustancia?

Solución: Nuevamente conviene primero que nada establecer las especies que participan en la fórmula. Aquí aparecen subíndices, a diferencia del ejemplo anterior, esto se explicará a continuación. Primero que nada se ve claramente que se tienen dos iones que conforman la fórmula: el Pb y el Cr_2O_7 . De la tabla 1.1. se puede obtener el estado de oxidación de estos dos iones, sin embargo, para el caso del plomo se observa que puede ser, ya sea +2 o +4, mientras que para el caso del Cr_2O_7 sólo puede ser -2 . Por lo tanto tomamos como referencia este último ion. Como la carga del compuesto es cero, la suma de las cargas positivas debe ser

igual a la suma de las cargas negativas. De este modo el total de cargas negativas es $2 * (-2) = -4$. Se concluye que el plomo tiene en este compuesto la valencia de +4. Los nombres de los iones serán ion plomo (IV) o ion plúmbico, y ion dicromato (tabla 1.1.), respectivamente. El nombre por lo tanto será dicromato de plomo (IV) o bien, dicromato plúmbico. (Nótese que al utilizar el segundo formato de nombre no se requiere el empleo de la palabra de unión de).

EJEMPLO 1.3.

Dé la fórmula para los siguientes compuestos:

(a) Tiocianato de amonio.

(b) Nitrato de manganeso (II)

Solución: (a) Por medio de la tabla 1.1 se encuentra que el ion tiocianato tiene fórmula SCN^- , mientras que el amonio tiene fórmula NH_4^+ . Sólo resta unir estos iones colocando primero al catión y después al anión. Como ambos tienen carga 1, pero con signos contrarios, el resultado es una especie con carga cero, lo cual cumple con la característica de un compuesto. Fórmula: NH_4SCN . (b) En este caso se identifican dos iones: el NO_3^- y el Mn^{+2} . Sin embargo no se puede escribir la fórmula como MnNO_3 porque habría un excedente de carga positiva. Para obtener el compuesto de carga total igual a cero es necesario contar con 2 cargas negativas o sea con 2 iones NO_3^- , por lo cual la fórmula correcta es $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$. Una forma de visualizar más fácilmente la forma correcta en la que se colocan los subíndices consiste en cruzar los números de oxidación como se muestra a continuación:

Sin embargo el subíndice 1 del Mn se omite reduciéndose la fórmula a $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$.

Muchos de los iones que se han mencionado en la tabla 1.1 son del tipo poliatómico que contienen oxígeno. A este tipo de iones se les conoce como oxianiones. Lo que caracteriza a este tipo de aniones es que forman una familia ya que un determinado anión, como el cloro, puede formar varios oxianiones. Cuando esto sucede hay reglas para indicar el número relativo de átomos de oxígeno que hay en el anión. Cuando un elemento forma sólo dos oxianiones, como es el caso del azufre y el nitrógeno, el nombre del oxianión que contiene mayor cantidad de oxígeno termina en -ato, mientras que el que contiene menor cantidad termina en -ito: el NO_3^- se llama nitrato y el NO_2^- se llama nitrito; el SO_4^{2-} se llama sulfato y el SO_3^{2-} , sulfito, etc. Nótese que en general todos los miembros de una familia de oxianiones tienen la misma valencia. Cuando la serie de oxianiones de un elemento se amplía a tres o cuatro miembros, como en el caso de los halógenos, también se emplean prefijos, no sólo terminaciones. El prefijo hipo- indica una menor cantidad de oxígeno y el prefijo per- que hay mayor cantidad de oxígeno. Así, el ClO^- será llamado hipoclorito, el ClO_2^- clorito, el ClO_3^- clorato, y el ClO_4^- perclorato. En general el empleo de los sufijos hipo- y per- como

se mostraron anteriormente es propio de los halógenos, aunque con algunas variantes se usa para otros elementos, se hablará de ello más adelante. Se sabe que los halógenos son el flúor, el cloro, el bromo y el yodo.

EJEMPLO 1.4.

Se sabe que la fórmula del ion arseniato es AsO_4^{3-} . ¿Cuál es la fórmula del ion arsenito?

Solución: La terminación *-ito* indica que tiene un oxígeno menos que el *-ato* y como los miembros de una familia de oxianiones tienen la misma valencia, la fórmula será AsO_3^{3-} .

Sin embargo cabe aclarar que existen algunas excepciones al empleo de los prefijos *hipo-* y *per-* como sucede en el caso del MnO_4^- , llamado permanganato, con lo cual podría suponerse que el ion manganato sería MnO_3^- . Sin embargo este ion no existe, pues le correspondería un estado de oxidación del Mn de +5 que, como se puede ver en la tabla 1.1., no puede adquirir. El nombre de ion manganato se otorga al MnO_4^{2-} (¿cuál es la valencia del Mn en este ion?)

En las últimas páginas se proponen algunos ejercicios de nomenclatura para aplicar las reglas descritas anteriormente.

Ácidos

Como se mencionó anteriormente los ácidos son las sustancias que poseen iones H^+ y es capaz de cederlos al ser disueltos en agua, de acuerdo con la definición de ácido (Brønsted-Lowry). El ácido se forma al completar con iones H^+ las cargas positivas necesarias para balancear las cargas negativas de un anión. Así el CO_3^{2-} necesitará de dos iones H^+ para producir el ácido correspondiente H_2CO_3 . El PO_4^{3-} necesitará de 3 iones H^+ para producir el H_3PO_4 , y así con el resto de los aniones.

Necesariamente que el nombre del ácido será de acuerdo al nombre del anión, siguiendo algunas sencillas reglas, las cuales se presentan a continuación: Los aniones cuyo nombre termina en *-uro*, tienen asociados ácidos que terminan en *-hídrico*; de esta forma el ion cloruro (Cl^-) producirá el ácido clorhídrico (HCl), el ion sulfuro (S^{2-}) producirá el ácido sulfhídrico (H_2S), etc. Para el caso de los oxianiones también existen sus correspondientes ácidos, conservándose los prefijos respectivos, sólo que las terminaciones cambian de acuerdo a la siguiente secuencia: los iones terminados en *-ito-* tendrán asociados ácidos terminados en *-oso*, mientras que los aniones terminados en *-ato* tendrán asociados ácidos terminados en *-ico*. Por ejemplo el ClO^- corresponderá a un ácido hipocloroso (HClO), el ClO_2^- a un ácido cloroso (HClO_2), el ClO_3^- a un ácido clórico (HClO_3), y el ClO_4^- a un ácido perclórico (HClO_4).

Compuestos moleculares

Las reglas que se emplean para la nomenclatura de este tipo de compuestos es semejante a la empleada para los compuestos iónicos, pero el elemento de carga positiva en los compuestos moleculares es un no metal. Por ejemplo el nombre del H_2S podría ser sulfuro de hidrógeno (se llama así en su forma pura *-gaseosa-*, mientras que se usa el nombre de

ácido sulfhídrico cuando se hace referencia a una solución acuosa). Con frecuencia se pueden encontrar familias de compuestos que contienen los mismos elementos, sólo que en diferente cantidad, algo semejante a lo que se observaba en los oxianiones, sólo que ahora se habla de compuestos. Para diferenciar a los miembros de esta familia de sustancias se usan prefijos que indiquen la cantidad de átomos de un determinado elemento que existen en la molécula: mono- para uno, di- ó bi- para dos, tri- para tres, tetra- para cuatro, penta- para cinco, hexa- para seis, hepta- para siete, octa- para ocho, y así sucesivamente. Por ejemplo el nitrógeno puede presentar varios óxidos, como son el NO, el NO₂, el N₂O y el N₂O₄, que recibirán los nombres de monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, óxido de dinitrógeno y tetróxido de dinitrógeno, respectivamente. El N₂O también recibe el nombre de óxido nitroso, pero este es un nombre trivial y no debe causar confusión con las reglas de nomenclatura descritas anteriormente. Nótese también que para el caso de los compuestos moleculares no conviene hacer la simplificación de subíndices como se puede hacer en el caso de los compuestos iónicos ya que el N₂O₄ tendería a simplificarse como NO₂ y ciertamente se tratan de compuestos diferentes con propiedades muy distintas.

BIBLIOGRAFÍA

BROWN, Theodore L. et al. QUÍMICA: La Ciencia Central. 5ta. Ed. Prentice Hall. México; 1993. pp. 62-68.

CHANG, Raymond. QUÍMICA (Ed. Breve). 4ta. Ed. McGraw-Hill Iberoamericana Editores. México; 1997. pp. 31-41.

PROBLEMAS DE REPASO (No es Tarea)

1. Dé el nombre sistemático a cada uno de los compuestos cuya fórmula aparece a continuación:

- (a) H₃PO₄ (b) Ag₂CO₃ (c) K₄[Fe(CN)₆]
(d) K₃[Fe(CN)₆] (e) KNH₄SO₄ (f) Hg₂(ClO₃)₂
(g) PbCrO₄ (h) CdS (i) Mg₃(AsO₄)₂

2. Escriba la fórmula que corresponde a los siguientes nombres de compuestos:

- (a) Ácido Peryódico (b) Cloruro de Plomo (IV) (c) Óxido de Arsénico (III)
(d) Bisulfuro de sodio (e) Arsenito de Potasio (f) Nitrato estannoso
(g) Fosfato de aluminio (h) Acido mangánico (i) Tiocianato de amonio

3. Deduzca el número de oxidación de los elementos que se indican en cada uno de los siguientes compuestos:

- (a) Cr en K₂Cr₂O₇ (b) S en H₂SO₄ (c) N en NH₄SO₃C₆H₅
(d) C en H₂C₂O₄ (e) Mn en MnO₂ (f) Bi en NaBiO₃
(g) Ga en GaH₃ (h) Co y Fe en Co₂[Fe(CN)₆] (i) Au en Na₃Au(CN)₆

RESPUESTAS

1.

(a) ácido fosfórico (b) carbonato de plata (c) ferrocianuro de potasio
(d) ferricianuro de potasio (e) sulfato de potasio y amonio (f)
hipoclorito mercurioso o hipoclorito de mercurio (I)
(g) cromato de potasio (h) sulfuro de cadmio (i) arseniato de magnesio.

2.

(a) HIO_4 (b) PbCl_4 (c) As_2O_3
(d) NaHS (e) K_3AsO_3 (f) $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$
(g) AlPO_4 (h) H_2MnO_4 (i) NH_4SCN

3.

(a) +6 (b) +6 (c) +3
(d) +3 (e) +4 (f) +5
(g) +3 (h) +2 para ambos (i) +3