

NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA
Recomendaciones de la IUPAC de 2005
Una adaptación del *Libro Rojo* a bachillerato
V. revisada

Salvador Olivares Campillo
IES *Floridablanca*
Miguel Hernández, 5
30011 Murcia

9 de noviembre y 5 de diciembre de 2011 y 18 de enero de 2014
© 2011-2014 Salvador Olivares



Índice

1. Introducción	1
2. La tabla periódica	3
3. Nombres y símbolos de los elementos	4
4. Índices en los símbolos de los elementos	5
5. La secuencia de los elementos	6
6. Prefijos multiplicadores	6
7. Nomenclatura de sustitución	6
8. Nomenclatura de adición	8
9. Nombres vulgares aceptados de oxoácidos y oxoaniones	9
10. Nomenclatura de hidrógeno	11
11. Nomenclatura de composición	12
12. Ejemplos	15
12.1. Óxidos, peróxidos...	16
12.2. Hidruros	16
12.3. Hidróxidos	16
12.4. Oxoácidos	16
12.5. Sales	17
13. Conclusiones y propuestas	21

Índice de cuadros

1. Una selección de prefijos multiplicadores.	6
2. Nombres de algunos ligandos.	8
3. Diez ácidos modelo con nombre vulgar aceptado.	10
4. Los dos ácidos 'orto'.	10
5. Ácidos 'meta' y no.	10
6. Ácidos 'di'.	11
7. Oxoaniones cromato, dicromato y permanganato.	11
8. Especies 'peroxi' y 'tio'.	11
9. Ejemplos de nomenclatura de hidrógeno.	12
10. Elementos y compuestos binarios.	13
13. Algunos ejemplos más de aniones.	13
11. Cationes monoatómicos y homopoliatómicos.	13
12. Cationes heteropoliatómicos.	13
14. Estequiométricos generalizados. División y prefijos.	14
15. Estequiométricos generalizados. Prefijos alternativos.	14
16. Estequiométricos generalizados. Cargas netas.	15

17.	Estequiométricos generalizados. Números de oxidación.	15
18.	Estequiométricos generalizados. Interpretaciones.	15
19.	Ejemplos de óxidos, peróxidos...	18
20.	Ejemplos de hidruros.	19
21.	Ejemplos de hidróxidos.	19
22.	Ejemplos de oxoácidos.	20
23.	Ejemplos de sales.	21

Resumen

Esta guía selecciona y nombra completamente de acuerdo con las recomendaciones de la IUPAC de 2005 compuestos inorgánicos que se estudian en los dos cursos del actual bachillerato. Introduce los tres sistemas de nomenclatura básicos (sustitución, adición y composición), haciendo hincapié en el de composición y minimizando los otros dos a lo necesario por su dependencia de la estructura y por la complejidad que pueden alcanzar. También se da la nomenclatura de hidrógeno.

Fe de erratas de la primera

En la p. 5, «Fe^{II}Fe^{III}O₃» tenía que haber sido Fe^{II}Fe^{III}O₄. En el Cuadro 3 de la p. 9, escribí «N → P, ác. metafosforoso», pero quería decir N → P, ác. metafosfórico, como se ve en el Cuadro 5 o se deduce de la nota 7 (el nombre «ác. metafosforoso» no está aceptado). En la p. 8, ni MnO₂ puede llamarse «dioxidomanganeso» ni CaO₂ llamarse «(dioxido)calcio o peroxidocalcio»; nombres correctos, pero de composición, son dióxido de manganeso y (dióxido) de calcio o peróxido de calcio (v. Cuadro 18). En la p. 10, es obvio que el ácido peryódico es HIO₄ y no «HClO₄». Y en la p. 13, «tetrafluoroantimonio(1+)» tenía que haber sido tetrafluoruroantimonio(1+).

Por último, aprovecho para reordenar, y también para actualizar algo en las referencias.

1. Introducción

¿Qué nomenclatura hay que dar en bachillerato? Esta pregunta, equivocada, y su respuesta, también equivocada, la he visto recientemente en la red. Se dice que en las actuales recomendaciones se le ha cambiado el nombre al agua. Al agua y al amoníaco. Y que después de tantos años enseñando que la diferencia entre las bases y los ácidos está en los «hidroxilos» (textual) de aquellas, ahora hay que decir que los oxoácidos también los tienen. Y todo esto después de mostrar la nomenclatura de sustitución (con sus letras λ y superíndices...).

Decía que la pregunta ya es una equivocación en sí misma. Es a la IUPAC a la que corresponde la decisión general, que toma en sus publicaciones, y son las recomendaciones de la IUPAC las aprobadas internacionalmente. En el caso de la química inorgánica, las recomendaciones actuales, las del *Libro Rojo*, son de 2005 y se dispone de la versión en español desde 2007. Por otra parte, los alumnos que sigan estudiando química, presente de una manera u otra en muchos estudios universitarios (en los de medicina, por ejemplo), se encontrarán más pronto que tarde con los nombres y sistemas de nomenclatura de 2005.

Tengo la suerte de tener la primera edición de la Química General de Linus Pauling (es de los años cuarenta). Allí se llama *fosfamina* [7, p. 423] al trihidruro de fósforo, que nuestros alumnos conocen como *fosfina*, y no como fosfamina, y que ahora se debe llamar *fosfano*. A muchos de los nombres que la IUPAC no acepta ahora —el de fosfina está entre ellos— les va a ocurrir lo mismo que al de fosfamina: serán más de la historia que de la química, aunque sea historia de la química.

Pero no todo cambia, y ahí están los ácidos sulfúrico y fosfórico junto con otros muchos, que tienen el mismo nombre en la Química de Pauling y en el

Libro Rojo. Por cierto, que la IUPAC sigue llamando agua al agua y amoníaco al amoníaco. Los nombres *oxidano* y *azano*, como puede leer cualquiera en la nota *b* al pie del cuadro con los nombres de los hidruros progenitores, «se proponen [...] solamente para nombrar derivados» del agua y del amoníaco, respectivamente.

Y respecto a las supuestas dificultades con los «hidroxilos» de las bases (el nombre del anión OH^- es *hidróxido*, y no *hidroxilo*, que es el del radical $\text{HO}\bullet$) y los ácidos, así como con los nombres de derivados de hidruros progenitores, aparecen tan solo por un problema de enfoque: los nombres de las llamadas nomenclaturas de adición y de sustitución, que son los relacionados, requieren información estructural que quizá no se da o no se pide al presentar la fórmula en bachillerato, o son de fórmulas que no van a aparecer en estos niveles, o bien pueden nombrarse con otro sistema (el de la nomenclatura de composición). Por ejemplo, ¿puedo pedir el nombre dihidroxidooxidosenio para el ácido selenoso si lo que presento es la fórmula H_2SeO_3 ? La objeción desaparece, claro está, si lo que se da a nombrar es $[\text{SeO}(\text{OH})_2]$, que incluye la suficiente información sobre la estructura. O, ¿para qué recurrir —en bachillerato— a un nombre como pentafluoro- λ^5 -fosfano para el PF_5 (nomenclatura de sustitución) si puedo llamarlo simplemente pentafluoruro de fósforo (nomenclatura de composición)? En cualquier caso, la estructura de un oxoácido es la que es, y no es ningún problema que en su nombre sistemático de adición aparezcan los prefijos ‘hidroxido’, ‘hidruro’ y ‘óxido’, como en el ácido fosfónico H_2PHO_3 , de estructura $[\text{PHO}(\text{OH})_2]$ y nombre dihidroxidohidrurooxidofósforo.

El problema general no es qué nomenclatura dar, sino qué seleccionar para bachillerato de la que en cada momento esté vigente (ahora, la de 2005). Preguntarse por la nomenclatura a dar puede ser tan solo una trampa para terminar con la respuesta equivocada (¿la nomenclatura que sé ya de antes?). Hay que señalar que este tema es uno de los que más preocupan en segundo de bachillerato, como reflejan las indicaciones que se dan después de las reuniones de coordinación para las pruebas de acceso a la universidad (véanse, por ejemplo, las de Sevilla de enero de 2011).

Es verdad que hoy todavía tienen más peso las recomendaciones de 1990 [2] —y aún anteriores— que las de 2005. Pero nombres como el de fosfina no deberían seguir apareciendo en los exámenes. Baste indicar que en la nota *e* de la Tabla IR-6.1 del Libro Rojo [3, p. 85] se dice textualmente: «Ya no se aceptan los nombres ‘fosfina’, ‘arsina’ y ‘estibina’».

Entiendo que una postura sensata durante un tiempo sería dar también por buena cualquier respuesta que alguna vez hubiera sido correcta (salvo petición expresa de una concreta). Por ejemplo, volviendo otra vez al PH_3 , estarían bien fosfamina y fosfina, además de fosfano y trihidruro de fósforo. El problema, claro está, surge si es la fórmula la que se pide y se da el nombre *fosfina*. Por cierto, ¿por qué no se pregunta por la *fosfamina*, que desde la publicación del Libro Rojo tiene exactamente el mismo derecho? Si lo que se quiere es preguntar con algunos nombres vulgares, hay un número suficiente de nombres vulgares aceptados, también hoy, entre los que poder elegir sin ningún inconveniente.

En lo que sigue, haré una secuenciación y selección del contenido de la versión en español del Libro Rojo de la IUPAC de 2005. (Aprovecho para corregir algunas pocas erratas del libro, que señalo en su sitio). Los criterios que he seguido son:

1. Fórmulas con generalmente poca información estructural (las preguntas

sobre estructuras son más apropiadas en el tema de enlace). En consecuencia, entiendo que, de los tres sistemas de nomenclatura básicos —de composición, de sustitución y de adición—, hay que reducir las nomenclaturas de adición y de sustitución al mínimo, por lo menos, hasta después del estudio del enlace químico, momento en que podrían ampliarse algo.

2. Compuestos habituales en los textos de bachillerato. Hago algunas pocas excepciones tan solo para mostrar la potencia de la nueva nomenclatura y dejar caminos abiertos.
3. Nombres vulgares aceptados de oxoácidos (y de sus aniones) importantes, así como de algunas otras sustancias. Nomenclatura de hidrógeno para los restantes oxoácidos.
4. Cuadros finales con ejemplos —o ejercicios— de óxidos, peróxidos, hidruros, oxoácidos, iones, sales neutras y sales ácidas, tomados sobre todo del Libro Rojo.

2. La tabla periódica

La tabla periódica de los elementos según la IUPAC numera los grupos simplemente del 1 al 18. En el 3, debajo de Sc e Y, reserva dos casillas para lantánidos y actínidos. Interesan hasta el Lr (número atómico 103).

El estudio de la nomenclatura debería empezar siempre por la tabla. Primero, por su *esqueleto* o estructura: la tabla con sus casillas vacías. Después se irá rellenando con símbolos y nombres..., pero grupo a grupo (1 → 2, 13 → 18, 3 → 12), de arriba a abajo en cada uno. Excepciones son los lantánidos y los actínidos, y los grupos 8, 9 y 10, que pueden memorizarse así: Fe, Co, Ni; Ru, Rh, Pd; Os, Ir, Pt. Más adelante, fuera ya de la nomenclatura, se verá que el esqueleto de la tabla es el que es como reflejo de una ley, es decir, que va más allá de las convenciones arbitrarias relativas a nombres y símbolos.

Los nombres aceptados (IR-3.5 [3, pp. 51-2]) son los siguientes. Exceptuando al H, los elementos de los grupos 1, 2 y 13-18 son los de los *grupos principales*. Salvo en el 18, los dos primeros elementos de cada uno de los grupos principales (F y Cl, en el 17, etcétera) se llaman *elementos típicos*. Los elementos de los bloques s, p y d son, respectivamente, los de los grupos 1-2, 13-18, 3-12, mientras que los del bloque f [6, p. 50] hay que buscarlos entre los de estas dos series de elementos: los *lantánidos*, que propiamente son los 14 que siguen al La (el Lu es el último), y los *actínidos*, la serie de también 14 elementos que siguen al Ac (acaba en el Lr). Es frecuente incluir también a La y Ac en los lantánidos y actínidos, y así lo admite la IUPAC. Los elementos del bloque d son los de *transición*, exceptuando a los del grupo 12 (porque Zn, Cd y Hg no tienen incompleta la subcapa d en ninguno de los estados de oxidación que presentan), y los del f, aunque no siempre, se denominan de *transición interna*. Los grupos se pueden nombrar también recurriendo al primer elemento: los del grupo del oxígeno son los del grupo 16, y así con otros.

No sólo lantánidos y actínidos tienen esos nombres por constituir sendos colectivos de elementos afines; también están los *gases nobles* (del He al Rn), los *halógenos* (F, Cl, Br y I), los *calcógenos* (O, S, Se, Te y Po), los *pnictógenos* o *pnicógenos* (N, P, As, Sb y Bi), los metales *alcalinotérreos* (grupo 2), los metales

alcalinos (el grupo 1 menos el H) y, finalmente, los metales de las *tierras raras* (Sc, Y, La y los lantánidos).

Cargas de iones monoatómicos y números de oxidación (véase más abajo) de los elementos se relacionan con las posiciones de estos en la tabla. En los nombres, estos números no se indican cuando no hay ambigüedad. Así, por ejemplo, cloruro y sulfuro se sabe que son Cl^- y S^{2-} simplemente por estar a uno y dos pasos, respectivamente, de la columna de los gases nobles. Por lo mismo, pero al otro lado, los iones sodio y calcio son Na^+ y Ca^{2+} . El número del grupo (la segunda cifra si la hay) señala el máximo número de oxidación (que para los metales alcalinos y alcalino-térreos es el único) y es frecuente descender de dos en dos, como en los cuatro oxoácidos del cloro, $\text{HCl}^{\text{VII}}\text{O}_4$, $\text{HCl}^{\text{V}}\text{O}_3$, $\text{HCl}^{\text{III}}\text{O}_2$ y $\text{HCl}^{\text{I}}\text{O}$. Puesto que nombres como ferroso o férrico han sido reemplazados desde hace tiempo por hierro(II) y hierro(III), o hierro(2+) y hierro(3+), no son necesarias —para la nomenclatura— muchas de las tablas con números de oxidación que todavía se dan. Para cinc, cadmio (grupo 12) y aluminio (grupo 13) —salvo indicación que señale otra cosa— se dan por supuestos los números de oxidación II, II y III, respectivamente. El níquel se presenta usualmente como Ni^{II} , y es posible encontrarse con que no se especifica tal estado en el nombre, aunque debería hacerse (v. 12.3).

En la *Ortografía de la lengua española*, de la Real Academia Española (de 2010), se recomienda para textos no manuscritos y salvo excepciones escribir «los números romanos en letra versalita¹», y así lo he hecho aquí en los nombres al indicar los números de oxidación.

3. Nombres y símbolos de los elementos

La lista de los nombres y los símbolos está en la Tabla I [3, pp. 248-9]. La mayoría de los nombres españoles son bien conocidos (o se encuentran en el libro de texto, en el DRAE...), por lo que solo haré unas pocas observaciones:

1. La Real Academia Española admite laurencio y lawrencio. La versión española de la Tabla I sólo presenta la segunda palabra: lawrencio. El símbolo es Lr, y no el Lw que todavía puede verse en algunas tablas periódicas [1] (la IUPAC lo cambió por problemas con el alfabeto de algunas lenguas).
2. Entre los actínidos (del Ac al Lr) están el U y el Pu. Y entre los lantánidos (del La al Lu), el Ce.
3. El argón tiene el símbolo Ar, no el A que aún puede encontrarse [1].
4. Los nombres de I y At en la Tabla I son, respectivamente, yodo (no está iodo, que sí recoge el DRAE) y astato o ástato.
5. El Te (grupo 16) puede llamarse telurio o teluro, y el Ta (grupo 5), tántalo o tantalio.
6. Los nombres latinos *stibium*, *cuprum*, *stannum*, *ferrum*, *hidrargirum* (del griego *hidrargyros*), *aurum*, *argentum*, *plumbum*, *kalium* y *natrium* son los responsables de los símbolos respectivos Sb, Cu, Sn, Fe, Hg, Au, Ag, Pb, K y Na.

» ¹Forma mayúscula, pero con un tamaño similar al de las minúsculas.

7. Del nombre griego *theion* para el azufre deriva la raíz «tio». La «az» viene del nombre francés *azote* para el nitrógeno (*ázo*e en castellano antiguo).

4. Índices en los símbolos de los elementos

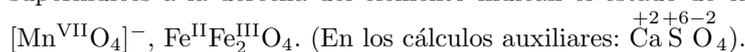
Dar el símbolo de un elemento es suficiente para saber su número atómico, ya que a cada elemento le corresponde una sola casilla en la tabla periódica, y el número de orden de ésta, el *número atómico* Z , es igual a la carga positiva del núcleo (en unidades elementales), igual a su vez al número de protones del mismo porque los neutrones, que son los otros nucleones, no tienen carga — como su propio nombre indica—. En definitiva, al escribir ${}_Z X$, como en ${}_1\text{H}$ o en ${}_6\text{C}$, hay redundancia. No obstante, este índice (el subíndice inferior izquierdo) se reserva siempre para el número atómico, que debe ir ahí y no en otro lugar.

El superíndice superior izquierdo es para el número total de nucleones (protones más neutrones), que se conoce como número másico o de masa A . Así, ${}_1^1\text{H}$ y ${}_1^2\text{H}$ son dos de los tres isótopos del hidrógeno, el primero con solo un protón en su núcleo; el segundo, con un protón y un neutrón. Igualmente, ${}_6^{12}\text{C}$ y ${}_6^{13}\text{C}$ son isótopos de carbono.

A la derecha, arriba, se indica la carga. El átomo neutro tiene tantos electrones en su corteza como protones en su núcleo, pero los electrones se pierden y ganan fácilmente en las reacciones químicas. Escribir O^{2-} significa que el ion monoatómico tiene dos electrones más que el átomo neutro, es decir, $8 + 2 = 10$ en este caso, ya que el número atómico del oxígeno es 8 por su posición en la tabla (conviene saber bien la tabla periódica). Si pierde electrones, la carga neta del ion monoatómico resultante es positiva: Na^+ y Cu^{2+} son ejemplos de pérdida de uno o dos electrones, respectivamente.

Obsérvese que no es correcto escribir, por ejemplo, ${}^{35,5}\text{Cl}$, ya que el número másico es, por definición, entero (además de que no se debe confundir con el peso atómico [11]). Tampoco están bien Fe^{+2} y S^{-2} : las cargas de los iones son reales y se indican en estos ejemplos con 2+ y 2- (Fe^{2+} y S^{2-}). El número uno no se escribe en las fórmulas²: es Na^+ y no Na^{1+} .

Los *números de oxidación*, en cambio, son números por átomo que, salvo en el caso de los iones monoatómicos, no indican cargas reales. El número de oxidación de un átomo sería su carga de transformarse el átomo en un cierto ion de acuerdo con un procedimiento establecido (esencialmente, un reparto de electrones entre vecinos). Son estos otros números los que se escriben con signo delante del número arábigo o, en la notación de Stock, números enteros romanos sin signo, salvo el negativo. El que no siempre corresponden estos números formales a cargas eléctricas reales se ve ya en que pueden ser muy altos (+7 para el Mn o el Cl, por ejemplo) e, incluso, son fraccionarios ($-\frac{1}{2}$ para cada oxígeno en el ion O_2^-). En las fórmulas, los números romanos como superíndices a la derecha del elemento indican el estado de oxidación formal:



Finalmente, los subíndices a la derecha sirven para indicar cuántos constituyentes individuales hay, que pueden ser átomos o grupos de átomos, como en O_3 o en $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El número uno no se escribe.

²Sí en los nombres, como en óxido de cobre(1+).

1	mono	11	undeca
2	di (bis)	12	dodeca
3	tri (tris)	13	trideca
4	tetra (tetrakis)	14	tetradeca
5	penta (pentakis)	15	pentadeca
6	hexa (hexakis)	16	hexadeca
7	hepta (heptakis)	17	heptadeca
8	octa (octakis)	18	octadeca
9	nona (nonakis)	19	nonadeca
10	deca (decakis)	20	icosa

Cuadro 1: Una selección de prefijos multiplicadores.

5. La secuencia de los elementos

En la combinación entre dos elementos debe quedar claro cuál va antes en la fórmula y cuál después: ¿es NaCl o ClNa? La Tabla VI [3, p. 261] o [5, p. 260] determina la ordenación. El primero de los dos en la secuencia siguiente —que en la tabla va de derecha a izquierda y de arriba a abajo— es el que se coloca a la derecha en la fórmula:

- F, Cl, Br, I At; O, S, [...], Po; H; N, [...], Bi; C, [...], Pb; B, [...], Tl; Zn, Cd, Hg; Cu, Ag, Au, Rg; Ni, [...], Sc, Y, La → Lu, Ac → Lr; Be, [...], Ra; Li, [...] Fr; He, Ne, Ar, Kr, Xe y Rn.

Es decir, en la tabla periódica se sacan de sus sitio los gases nobles y el hidrógeno, y después una línea recorre los grupos de derecha a izquierda, comenzando siempre en cada uno de ellos por el elemento de arriba. Obsérvese que el H se sitúa en la tabla entre los grupos 15 y 16, de manera que el amoníaco es NH_3 pero el agua H_2O .

Una consecuencia de esta ordenación por «electronegatividades convencionales» es que ahora todas las combinaciones del oxígeno con los halógenos son haluros de oxígeno, y ninguna se nombra como óxido (véase más adelante): ya no es Cl_2O_3 , sino O_3Cl_2 , por ejemplo. Realmente, el oxígeno es el segundo elemento más electronegativo, después del flúor, por lo que ya antes de 2005 se escribía OF_2 para el difluoruro de oxígeno.

La secuencia citada se empleará también aquí en los nombres estequiométricos generalizados (nomenclatura de composición; véase más abajo).

6. Prefijos multiplicadores

La Tabla IV completa [4, p. 259] o [5, p. 258] (al Red Book se puede acceder fácilmente y la tabla es la misma) contiene más prefijos multiplicadores de los seguramente necesarios aquí. Hago una selección en el cuadro 1. Los prefijos bis, tris... se pueden continuar: undecakis, dodecakis...

7. Nomenclatura de sustitución

Esta nomenclatura está muy relacionada con la de la química orgánica. Se recomienda solamente para los derivados de los llamados hidruros progenitores

mononucleares, así como de otros polinucleares muy relacionados con los primeros. La Tabla IR-6.1 [3, p. 85] es la de los nombres de los hidruros progenitores mononucleares, que son de hidruros de los grupos 13-17. Todos estos nombres, como el de metano, tienen la terminación ‘ano’.

1. Los nombres de HF, HCl... son fluorano, clorano..., y se dan en la tabla solamente porque son la base para otros nombres de sustitución (de iones, de radicales...), y no tienen interés aquí. (La nomenclatura de composición da los nombres conocidos: fluoruro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, etcétera).
2. Para H₂O, H₂S, H₂Se, H₂Te y H₂Po los nombres respectivos son oxidano, sulfano, selano, telano y polano. En nota al pie de la citada tabla se advierte que oxidano se propone solamente para nombrar derivados del agua. El agua sigue, pues, llamándose agua. Los nombres de composición de los demás son ‘sulfuro de hidrógeno’ o ‘sulfuro de dihidrógeno’, etcétera.
3. En el grupo 15 están NH₃, PH₃, AsH₃, SbH₃, BiH₃, y sus nombres, como hidruros progenitores, son azano, fosfano, arsano, estibano y bismutano, respectivamente. Al igual que con el agua, en nota aclaratoria al pie de la tabla se dice que ‘azano’ es solamente para nombrar derivados del amoníaco mediante la nomenclatura de sustitución: el NH₃ sigue llamándose amoníaco. Otra cosa bien diferente ocurre con los tres siguientes, pues, como se advierte también, «ya no se aceptan los nombres fosfina, arsina y estibina».
4. CH₄, SiH₄, GeH₄, SnH₄, PbH₄ se llaman metano, silano, germano, estannano y plumbano.
5. Y, finalmente, en el grupo 13 están los nombres borano, alumano, galano, indigano y talano para los hidruros BH₃, AlH₃, GaH₃, InH₃, TlH₃.

La sustitución de hidrógenos puede originar cadenas como en los ejemplos que siguen de hidruros homopolinucleares (que no son ni de carbono ni de boro). Se nombran sencillamente recurriendo al prefijo multiplicador adecuado: HOOH, dioxidano (peróxido de hidrógeno); H₂NNH₂, diazano (hidrazina); H₂PPH₂, difosfano; H₃SiSiH₂SiH₂SiH₃, tetrasilano. Puede haber insaturaciones, y se tratan como en los alquenos y los alquinos: HN=NH es diazeno y HSb=SbH, diestibeno. Hay compuestos cíclicos (¿cómo es el ciclopentaazano?). Los mismos prefijos de la nomenclatura de la química orgánica se usan aquí para la sustitución de hidrógenos por halógenos: PH₂Cl es clorofosfano.

La adición de un H⁺ (un ‘hidrón’) a un hidruro progenitor da un catión. Su nombre resulta reemplazando la ‘o’ o la ‘a’ final del nombre del hidruro por el sufijo ‘io’. Ejemplos son azanio (amonio) para NH₄⁺ y oxidanio (oxonio —no hidronio—) para H₃O⁺. Si son dos o más los hidrones, se recurre a prefijos multiplicadores y no hay elisión de la vocal final del nombre del hidruro progenitor: H₄O²⁺ se llama oxidanodiio.

La pérdida de hidrones origina aniones. Cambiando la vocal final por ‘uro’, si la carga es una, o añadiendo ‘diuro’ sin elidir la vocal final si son dos, etcétera, se forman los nombres de estos aniones. Ejemplos: HS⁻ es sulfanuro; NH₂⁻, azanuro (amida); NH₂²⁻, azanodiuro (imida).

F^-	fluoruro	N^{3-}	nitruro(3-)
Cl^-	cloruro	C^{4-}	carburo(4-)
O^{2-}	óxido	C_2^{2-}	dicarburo(2-)
O_2^-	dióxido(1-); superóxido	CN^-	cianuro
O_2^{2-}	dióxido(2-); peróxido	H^-	hidruro
S^{2-}	sulfuro(2-)	OH^-, HO^-	hidróxido
S_2^{2-}	disulfuro(2-)		

Cuadro 2: Nombres de algunos ligandos.

8. Nomenclatura de adición

El resultado de añadir ciertos grupos, que se conocen como ligandos, a un átomo central se nombra cómodamente con la nomenclatura de adición, otro de los sistemas de nomenclatura básicos (también se puede resolver el problema con más de un átomo central). Basta colocar los nombres de los ligandos, por orden alfabético, como prefijos del nombre del átomo central. Por ejemplo, para PCl_5 resulta pentaclorurofósforo (cloruro es el nombre del ligando y clorurocloruro... se abrevia con el prefijo multiplicador). El cuadro 2 recoge nombres (no todos: también se puede recurrir a los nombres de la nomenclatura de sustitución) de algunos ligandos.

Las tildes no se escriben en los prefijos del nombre³, como en ‘oxidofósforo’. Los nombres de los ligandos con un número de carga se suelen usar sin él, pues muchas veces no se necesita indicarla: sulfuro o carburo en vez de sulfuro(2-) o carburo(4-). El uso de signos de inclusión (paréntesis...)⁴ puede ser necesario. Por ejemplo, el nombre sistemático del ion hidróxido es oxidanuro (HOH oxidano $\rightarrow HO^-$ oxidanuro), mientras que el del ligando HOO^- es dioxidanuro ($HOOH$ dioxidano $\rightarrow HOO^-$ dioxidanuro), así que escribir el prefijo «dioxidanuro» en un nombre no indica que hay un ligando HOO^- , sino dos oxidanuro (o hidróxidos), por lo que se necesita el paréntesis para que di- sea parte del nombre del ligando y no un prefijo multiplicador: (dioxidanuro). Por último, obsérvese en los ejemplos comentados que siguen que en los nombres de los iones se indica la carga y que los aniones toman la desinencia ‘-ato’:

1. Muchas veces, pero no siempre, en la estructura de un oxoácido hay tantos ligandos hidróxido como hidrógenos se ven en su fórmula. Así ocurre en los conocidos ácidos sulfúrico y fosfórico, y de H_2SO_4 y H_3PO_4 se puede ir a las fórmulas estructurales $[SO_2(OH)_2]$ y $[PO(OH)_3]$, que van entre corchetes. Las reglas dicen que el átomo central se escribe en estas el primero, y después van los ligandos en orden alfabético (o alfanumérico)⁵. El grupo OH se considera como un símbolo único. Los nombres de adición, como se ha dicho, llevan los prefijos en orden alfabético (los prefijos meramente multiplicativos no importan), así que, finalmente, los nombres de estos dos ácidos son, respectivamente, dihidroxidodioxidoazufre y trihidroxidooxidofósforo.

³Pero se leen como si estuvieran.

⁴(), [()]

⁵Que no es completamente rígido: se pueden colocar los ligandos en otro orden para dar más información sobre la estructura.

2. Las fórmulas de los ácidos fosforoso y fosfónico se escriben H_3PO_3 y H_2PHO_3 , respectivamente. Se indica así que la diferencia entre los dos está en la estructura, pues el fosfónico tiene un hidrógeno directamente unido al átomo de fósforo, mientras que el fosforoso sigue la regla del ejemplo anterior. Sabiendo esto, las dos fórmulas se interpretan correctamente con las estructuras respectivas $[\text{P}(\text{OH})_3]$ y $[\text{PHO}(\text{OH})_2]$, que inmediatamente llevan a los nombres trihidroxidofósforo, la primera, y dihidroxidohidruooxidofósforo, la otra.
3. La pérdida de hidrones (H^+) conduce a aniones. Del ácido carbónico H_2CO_3 , que también sigue la regla del ejemplo primero, resultan así HCO_3^- y CO_3^{2-} , cuyos respectivos nombres de adición, a la vista de las estructuras $[\text{CO}_2(\text{OH})]^-$ y $[\text{CO}_3]^{2-}$, son hidroxidodioxidocarbonato(1-) y trioxidocarbonato(2-).
4. UO_2^+ se llama dioxidouranio(1+) y UO_2^{2+} , dioxidouranio(2+).
5. CrO_4 no puede ser tetraoxidocromo, pues el número de oxidación del cromo tendría que ser de +8, y el elemento está en el grupo 6 de la tabla periódica (tiene +6 como mucho). Visto correctamente como $[\text{Cr}(\text{O}_2)_2]$ su nombre de adición podría ser diperoxidocromo.

9. Nombres vulgares aceptados de oxoácidos y oxoaniones

La referencia [3] contiene una extensa tabla (la IR-8.1 en la p. 127) con todos los nombres vulgares de oxoácidos (con la palabra 'ácido') que se aceptan hoy. Los que considero más relevantes para los fines de este trabajo, los presento en tres (cuatro) etapas, en sendos cuadros.

La primera contiene, de entre los citados, los diez ácidos modelo de los grupos 17-13 que se pueden obtener por un procedimiento «de mínimos», que enseguida describo con ejemplos. Para formular los oxoácidos del cloro lo primero es el número del grupo, el 17. Deduzco que el +7 es su número de oxidación máximo, y, descendiendo de dos en dos, los restantes son +5, +3 y +1. Cualquiera de los cuatro oxoácidos debe tener por lo menos un cloro, oxígeno e hidrógeno. Con +7 y un cloro, ha de haber al menos cuatro oxígenos, cada uno con -2, dejando así un sitio para que un hidrógeno con +1 complete la fórmula HClO_4 , que tiene la suma $+7 - 2 - 2 - 2 - 2 + 1$ igual a cero. Del mismo modo, pero empezando con +5, +3 o +1 resultan las otras tres fórmulas (HClO_3 , HClO_2 y HClO). Del grupo 16, el elemento modelo es el azufre (+6 y +4); del 15, el nitrógeno (+5, +3); del 14, el carbono (con +4), y del 13, el boro (con +3).

Las transformaciones consisten en el reemplazo de un átomo por otro en la fórmula (de HClO resultan HBrO y HIO) y los nombres se cambian en consecuencia (de hipocloroso, hipobromoso e hipoyodoso; de sulfúrico y sulfuroso, selénico y selenoso, etcétera). Las que no recojo, no están en la referencia citada.

Los prefijos 'meta' y 'orto' significan algo así como menos y más agua, respectivamente. El segundo (que antes era muchas veces optativo), ya se ha «caído» para los ácidos bórico, silícico y fosfórico, porque no hay ambigüedad. En la nota *a* de la Tabla IR-8.1 se dice que «los únicos casos donde el prefijo 'orto' permite distinguir entre dos compuestos diferentes son los (de los) ácidos

Fórmula	Nombre aceptado	Transformación
HClO ₄	ácido perclórico	Cl → Br, I
HClO ₃	ácido clórico	Cl → Br, I
HClO ₂	ácido cloroso	Cl → Br, I
HClO	ácido hipocloroso	Cl → Br, I
H ₂ SO ₄	ácido sulfúrico	S → Se, Te
H ₂ SO ₃	ácido sulfuroso	S → Se, Te
HNO ₃	ácido nítrico	N → P, ác. metafosfórico
HNO ₂	ácido nitroso	
H ₂ CO ₃	ácido carbónico	C → Si, ác. metasilícico
HBO ₂	ácido metabórico	

Cuadro 3: Diez ácidos modelo con nombre vulgar aceptado.

Fórmula	Nombre aceptado	Transformación	Nombre aceptado
HClO ₄	ácido peryódico	H ₅ IO ₆	ácido ortoperyódico
H ₂ TeO ₄	ácido telúrico	H ₆ TeO ₆	ácido ortotelúrico

Cuadro 4: Los dos ácidos ‘orto’.

telúrico y peryódico...». Añadiendo, pues, dos moléculas de agua a la fórmula del ácido telúrico se obtiene la del ácido ortotelúrico; lo mismo convierte la del ácido peryódico en la del ortoperyódico. Véase el pequeño cuadro 4.

En el cuadro 3, hay dos transformaciones que dan ácidos ‘meta’ y el boro ya presenta directamente el ácido metabórico⁶. De esto se deduce que, con números de oxidación iguales, debe haber otros ácidos diferentes que se nombrarán de otro modo. Son los que no tienen el prefijo ‘meta’ y que en el pasado, y no siempre, tenían el ‘orto’. Hay que sumar una molécula de agua. Algunos de estos sirven de modelo para otros. Véase el cuadro 5⁷.

Fórmula	Nombre aceptado	Transformación	Nombre aceptado
HBO ₂	ácido metabórico	H ₃ BO ₃	ácido bórico
H ₂ SiO ₃	ácido metasilícico	H ₄ SiO ₄	ácido silícico
HPO ₃	ácido metafosfórico	H ₃ PO ₄	ácido fosfórico (P → As, Sb)
		H ₃ PO ₃	ácido fosforoso

Cuadro 5: Ácidos ‘meta’ y no.

A veces, dos moléculas de ácido condensan perdiendo una de agua. Resultan las fórmulas ‘di’. Pueden ser tres, con pérdida de dos de agua (H₅P₃O₁₀, ác. trifosfórico), etcétera. Véase el cuadro 6

Existen también, claro está, oxoaniones con nombre vulgar aceptado. El modelo es éste: las terminaciones ‘ico’ y ‘oso’ de ácidos con nombre común cambian a ‘ato’ e ‘ito’, respectivamente. Si quedan hidrógenos ácidos, se indican.

⁶Su fórmula es, en realidad, (HBO₂)_n. Lo mismo ocurre con los ácidos metasilícico y metafosfórico.

⁷No se usan habitualmente nombres ‘ácido’ para los dos isómeros de HPO₂ [3, p.132, h]. El nombre de ácido fosforoso hubo autores (Pauling entre ellos) que se lo daban al que ahora se llama ácido fosfónico, H₂PHO₃.

Fórmula	Nombre aceptado	Transformación	Nombre aceptado
H_4SiO_4	ácido silícico	H_6SiO_7	ácido disilícico
H_3PO_4	ácido fosfórico	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	ácido difosfórico
H_2SO_4	ácido sulfúrico	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	ácido disulfúrico
H_2SO_3	ácido sulfuroso	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$	ácido disulfuroso

Cuadro 6: Ácidos ‘di’.

Ejemplos son los siguientes: H_2BO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SiO_4^{4-} , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , H_2PO_3^- , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_7^{2-}$ y ClO_4^- , que son los aniones dihidrogenoborato, hidrogenocarbonato, carbonato, silicato, nitrato, nitrito, fosfato, dihidrogenofosfito, sulfito, disulfato y perclorato.

Hay también tres importantes oxoaniones con nombre vulgar aceptado que, sin embargo, no tienen sus correspondientes oxoácidos en la Tabla IR-8.1 citada (estos y otros muchos oxoácidos se pueden nombrar fácilmente con la nomenclatura de hidrógeno, que se verá enseguida). Son los del cuadro 7, que se relacionan con otros formalmente similares del azufre y el cloro.

CrO_4^{2-}	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	MnO_4^-
cromato	dicromato	permanganato

Cuadro 7: Oxoaniones cromato, dicromato y permanganato.

Los reemplazos $\text{O} \rightarrow \text{OO}$ y $\text{O} \rightarrow \text{S}$ se indican con los prefijos ‘peroxi’ y ‘tio’, como se ve en el cuadro 8, donde se recogen algunos ejemplos con nombre vulgar aceptado.

Fórmula	Nombre aceptado	Fórmula	Nombre aceptado
HNO_4	ác. peroxinitrico	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$	ác. peroxidisulfúrico
NO_4^-	peroxinitrato	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	ác. tiosulfúrico
H_3PO_5	ác. peroxifosfórico	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	tiosulfato
H_2SO_5	ác. peroxisulfúrico	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_2$	ác. tiosulfuroso

Cuadro 8: Especies ‘peroxi’ y ‘tio’.

10. Nomenclatura de hidrógeno

Oxoácidos como HMnO_4 , H_2MnO_4 , H_2CrO_4 , $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ o $\text{H}_2\text{Mo}_6\text{O}_{19}$, aniones o cationes como HCrO_4^- y H_2NO_3^+ , así como otras especies con hidrógeno, se pueden nombrar con la llamada *nomenclatura de hidrógeno* (que no llega a ser de las consideradas básicas). Obsérvese en los ejemplos del cuadro 9 que:

1. La palabra ‘hidrógeno’ está unida al resto del nombre.
2. Se precisa el número de hidrógenos.
3. La parte aniónica va dentro de signos de inclusión.

$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$	dihidrogeno(difosfato)(2-)
$\text{H}_2\text{Mo}_6\text{O}_{19}$	dihidrogeno(nonadecaóxidohexamolibdato)
HMnO_4	hidrogeno(tetraóxidomanganato)
H_2MnO_4	dihidrogeno(tetraóxidomanganato)
H_2CrO_4	dihidrogeno(tetraóxidocromato)
HCrO_4^-	hidrogeno(tetraóxidocromato)(1-)
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	dihidrogeno(heptaóxidodicromato)
H_2O_2	dihidrogeno(peróxido)
HO_2^-	hidrogeno(peróxido)(1-)
H_2S	dihidrogeno(sulfuro)
HS^-	hidrogeno(sulfuro)(1-)
H_2NO_3^+	dihidrogeno(trioxidonitrato)(1+)
H_2PO_3^-	hidrogeno(hidruotrióxidofosfato)(1-)

Cuadro 9: Ejemplos de nomenclatura de hidrógeno.

4. Se especifica la carga neta con un número de carga (salvo que la especie sea neutra)⁸.

Para finalizar esta sección, señalar que nombres como el de ácido clorhídrico no denotan sustancias de una composición definida (el ácido clorhídrico es la disolución acuosa del cloruro de hidrógeno), por lo que están fuera de las nomenclaturas sistemáticas que se están viendo.

11. Nomenclatura de composición

Este sistema de nomenclatura es el más relevante en bachillerato. No obstante, al generalizarlo, precisa de nociones de los otros, por lo que se han visto mínimamente antes. No se basa en la estructura (no la especifica necesariamente), lo que lo diferencia de los otros dos sistemas principales.

Un nombre estequiométrico se limita (o casi) a dar las proporciones de los constituyentes, ya sea en la fórmula empírica o en la molecular, lo que puede hacerse de tres maneras: con prefijos multiplicadores, con números de carga o con números de oxidación.

En el cuadro 10 hay suficientes ejemplos de cómo dar nombre a elementos y compuestos binarios (después de punto y coma, un nombre vulgar aceptado). Como ya se ha señalado antes, la secuencia de los elementos (Tabla VI del texto de referencia) permite clasificar al menos convencionalmente a uno de los constituyentes como electronegativo y al otro como electropositivo. En el nombre, el electronegativo va primero y, con la excepción del oxígeno que es ‘óxido’, el nombre del elemento se modifica con la terminación ‘-uro’⁹. En cambio, en las fórmulas, son los electropositivos los primeros. Obsérvese que las vocales finales de los prefijos multiplicadores no se eliden, salvo, si se quiere, la del prefijo

⁸En el Libro Rojo [3, p. 134] —y en el original en inglés—, el primero de los ejemplos del cuadro 9 no lleva el número de carga, lo que quizá haya que atribuir a una errata, aunque no esté en la fe de erratas [9], porque en las recomendaciones se afirma que *se tiene* que especificar la carga si la hay, como sí se hace en el nombre hidrogeno(peróxido)(1-), que también está en los mismos ejemplos, y en el que también se podría deducir su carga neta 1- porque el nombre vulgar peróxido implica la carga 2- de este anión.

⁹Hay una errata en [3, p. 309], donde se llama «telanuro» de dihidrógeno a H_2Te . En la misma referencia, pero en la p. 335, se llama telururo a Te^{2-} , así que el nombre es telururo de dihidrógeno. El nombre de sustitución del anión es telanodiuro, no telanuro.

S ₈	octaazufre	H ₂ S ₂	disulfuro de hidrógeno
Ar	argón	PH ₃	trihidruro de fósforo
H	monohidrógeno	SiH ₄	tetrahidruro de silicio
H ₂	dihidrógeno	AlH ₃	trihidruro de aluminio
F	monoflúor	NO	óxido de nitrógeno, monóxido de nitrógeno
F ₂	diflúor	NO ₂	dióxido de nitrógeno
O ₂	dióxígeno; oxígeno	N ₂ O ₄	tetraóxido de dinitrógeno
O ₃	trioxígeno; ozono	OCl ₂	dicloruro de oxígeno
N	mononitrógeno	Fe ₃ O ₄	tetraóxido de trihierro
N ₂	dinitrógeno	SiC	carburo de silicio
P ₄	tetrafósforo	Ca ₃ P ₂	difosfuro de tricalcio o fosfuro de calcio
HCl	cloruro de hidrógeno	NiSn	estannuro de níquel
H ₂ S	sulfuro de hidrógeno;	Cu ₅ Zn ₈	octacincuro de pentacobre
	sulfuro de hidrógeno	H ₂ Te	telururo de hidrógeno

Cuadro 10: Elementos y compuestos binarios.

C ₂ ²⁻	dicarburo(2-); acetiluro	O ₃ ⁻	trióxido(1-); ozónido
I ₃ ⁻	triioduro(1-)	NH ₂ ⁻	azanuro; amida
AlO ⁻	oxidoaluminato(1-)	PO ₂ ⁻	dioxidofosfato(2-)
MnO ₄ ²⁻	tetraoxidomanganato(2-)	[SO ₃ S] ²⁻	trioxidosulfurosulfato(2-)
SO ₃ ²⁻	trioxidosulfato(2-); sulfito	HS ⁻	sulfanuro, hidrogeno(sulfuro)(1-)

Cuadro 13: Algunos ejemplos más de aniones.

‘mono’ en ‘monóxido’. En general, el prefijo ‘mono’ es redundante (aunque se usa a veces).

Ejemplos de cationes monoatómicos y homopoliatómicos pueden verse en el cuadro 11. Y de heteropoliatómicos, que suelen nombrarse con las nomenclaturas de sustitución y adición (ya se han visto algunos), en el cuadro 12.

H ⁺	hidrógeno(1+), hidrón	Cr ³⁺	romo(3+)
Cu ⁺	cobre(1+)	Cu ²⁺	cobre(2+)
I ⁺	yodo(1+)	Hg ₂ ²⁺	dimercurio(2+)
Bi ₅ ⁴⁺	pentabismuto(4+)	O ₂ ⁺	dioxígeno(1+)

Cuadro 11: Cationes monoatómicos y homopoliatómicos.

H ₃ O ⁺	oxidanio; oxonio	NH ₄ ⁺	azanio; amonio
SbF ₄ ⁺	tetrafluoroestibanio, tetrafluoruroantimonio(1+)	PH ₄ ⁺	fosfanio

Cuadro 12: Cationes heteropoliatómicos.

El cuadro de ligandos 2 sirve también de ejemplos de aniones, y otros ya se han visto con la nomenclatura de sustitución. el cuadro 13 proporciona algunos ejemplos más (se repite alguno), tanto mono como homopoli o heteropoliatómicos.

En los *nombres estequiométricos generalizados*, los constituyentes se dividen por lo menos formalmente en dos grupos o clases, a saber: los electropositivos

ArHF o ArFH	fluoruro de argón e hidrógeno o fluoruro hidruro de argón
OCIF o ClOF	cloruro fluoruro de oxígeno o fluoruro de cloro y oxígeno.
Na ₂ CO ₃	trioxidocarbonato de disodio, carbonato de sodio
KMgCl ₃	triclорuro de magnesio y potasio
K ₄ [Fe(CN) ₆]	hexacianuroferrato de tetrapotasio
HCN	cianuro de hidrógeno

Cuadro 14: Estequiométricos generalizados. División y prefijos.

Ca(NO ₃) ₂	bis(trioxidonitrato) de calcio, nitrato de calcio
U(S ₂ O ₇) ₂	bis(disulfato) de uranio
Ca ₃ (PO ₄) ₂	bis(fosfato) de tricalcio, fosfato de calcio
Ca(HCO ₃) ₂	bis(hidrogenocarbonato) de calcio

Cuadro 15: Estequiométricos generalizados. Prefijos alternativos.

y los electronegativos. Claro está, por definición, cationes y aniones no tienen problema alguno de clasificación. Y la tabla ya vista de la secuencia de los elementos es una guía para la división. Pero, en general, con más de dos elementos en el compuesto, la división es arbitraria en principio. No obstante, no suele haber dificultades.

Los electropositivos van antes que los electronegativos en las fórmulas, pero se nombran después. Y dentro de cada clase, tanto en las fórmulas como en los nombres, el orden es el alfabético, lo que no significa que las dos ordenaciones coincidan en general. Por ejemplo, KMgCl₃ se escribe así y se nombra triclорuro de magnesio y potasio (y no de potasio y magnesio). Obviamente, los prefijos multiplicadores no importan para el orden ('dicloruro' no es más que 'clorurocloruro').

A continuación se verán más ejemplos de ordenaciones y de uso de prefijos, de uso de prefijos alternativos (bis, tris...) para deshacer ambigüedades, de cómo las proporciones pueden determinarse también con números de carga, y cómo, muchas veces, se puede hacer lo mismo con números de oxidación.

Los prefijos multiplicadores son suficientes para determinar las proporciones en los ejemplos de el cuadro 14.

Como en el cuadro 15, hay que recurrir a los prefijos multiplicadores alternativos cuando los propios nombres de los constituyentes empiecen por los habituales. También, cuando pueda darse alguna otra ambigüedad. Por ejemplo, al existir el anión difosfato, donde este 'di' no es un prefijo multiplicador, sino que forma parte del nombre vulgar del anión, poner el prefijo 'di' para indicar dos fosfatos no parece lo mejor. Tampoco si el nombre del anión empieza con el prefijo 'hidrogeno'.

Las proporciones las determinan las cargas. A veces esto no se ve explícitamente en el nombre, pero, como ocurre con el de nitrato de calcio, es lo que se está realmente haciendo: se sabe que el nitrato tiene una negativa por provenir del ácido nítrico (pérdida de un hidrón), y que el calcio, que es del grupo 2, tiene dos positivas, la fórmula ha de tener dos nitratos por cada calcio. En otros casos hay que dar la carga de uno de los constituyentes, porque puede haber más posibilidades: hierro(2+), hierro(3+). Y, en el peor de los casos, las de todos.

Los números de oxidación también sirven para el mismo fin, aunque menos que los números de carga. Los estados de oxidación no deben usarse cuando

FeSO_4	sulfato de hierro(2+)
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	sulfato de hierro(3+)
$(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4$	sulfato de dioxidouranio(1+)
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	hexacianuroferrato(4-) de potasio

Cuadro 16: Estequiométricos generalizados. Cargas netas.

resultan formalmente fraccionarios, como en el O_2^- , donde es $-\frac{1}{2}$. Recuérdese que estos números son por átomo, por lo que también hay un problema con los iones homopoliatómicos, como el Hg_2^{2+} o el O_2^{2-} . Para el primero, el nombre de mercurio(I) no da toda la información, y debería ser dimercurio(I), pero no se hace. El segundo, dióxido(-1), y tampoco.

PCl_5	cloruro de fósforo(V)
SF_6	fluoruro de azufre(VI)
N_2O	óxido de nitrógeno(I)
MnO_2	óxido de manganeso(IV)
Fe_3O_4	óxido de hierro(II) y dihierro(III)

Cuadro 17: Estequiométricos generalizados. Números de oxidación.

Finalmente, si se da más información en el nombre, se cierra la puerta a «malas interpretaciones»: véase el cuadro 18, donde el nombre a elegir depende de cuánta información se quiera dar.

Na_2S_3	(trisulfuro) de sodio o trisulfuro(2-) de sodio, pues no hay aquí aniones sulfuro S^{2-} , como sí en el siguiente ejemplo.
Fe_2S_3	tris(sulfuro) de dihierro o sulfuro de hierro(III)
BaO_2	(dióxido) de bario, dióxido(2-) de bario o peróxido de bario
MnO_2	dióxido de manganeso (es el nombre estequiométrico sencillo), bis(óxido) de manganeso (aclara que hay dos O^{2-} y no un ion diatómico), óxido de manganeso(IV)
HgCl_2	dicloruro de mercurio, cloruro de mercurio(2+)
Hg_2Cl_2	dicloruro de dimercurio, dicloruro de (dimecurio), cloruro de dimercurio(2+)

Cuadro 18: Estequiométricos generalizados. Interpretaciones.

12. Ejemplos

He procurado tomar los ejemplos directamente del Libro Rojo de 2005, bien del texto corriente, bien de su Tabla IX [3, pp. 281-337]. Esta tabla está ahí, entre otras cosas, «como referencia de los nombres de compuestos sencillos y como una fuente de ejemplos» para construir nombres adicionales, lo que he tenido que hacer en ciertos casos (para los hidróxidos y unos pocos más). Cuando hay varios nombres para un compuesto, y uno no es completamente sistemático —pero está aceptado— va al final y después de punto y coma.

12.1. Óxidos, peróxidos...

En el cuadro 19 hay compuestos y algunas otras especies que tienen oxígeno y otro elemento (que también puede ser hidrógeno, aunque hay otra tabla para el caso). No se dan todos los nombres. Recuérdese que el prefijo ‘mono’ es superfluo, aunque se usa a veces para enfatizar la estequiometría, y que es el único al que se le puede «caer» la vocal: se admiten monoóxido y monóxido, pero no pentóxido. Dentro de la serie de los óxidos de un mismo elemento, el orden es por el número de oxidación (NO_2 , N_2O_4 son dos óxidos diferentes con el nitrógeno en el mismo estado de oxidación).

12.2. Hidruros

Se incluyen en el cuadro 20 compuestos de hidrógeno y otro elemento, se llamen o no hidruros. Cuando hay varios nombres el orden es este: de composición, de hidrógeno —en su caso—, de sustitución y de adición (pero nunca están todos). Si hay nombre no completamente sistemático (aceptado), va el último y después de punto y coma. Recuérdese que no hay tilde en ‘hidrogeno’ en el nombre de la nomenclatura de hidrógeno.

12.3. Hidróxidos

En el Libro Rojo [3] no hay ni un solo ejemplo de hidróxido corriente —el hidróxido yoduro de cinc, $\text{ZnI}(\text{OH})$, es el que más se acerca—. Doy algunos en el cuadro 21. Atendiendo a las alternativas más rigurosas que se dan en las recomendaciones, el ion hidróxido se formula HO^- en vez de OH^- y, además, va entre paréntesis: $\text{Na}(\text{HO})$ para el NaOH .

Nombres como hidróxido de níquel o hidróxido ferroso todavía se han visto en algún examen de selectividad no muy lejano. Deberían evitarse ambos: por su ambigüedad¹⁰, el uno —aunque Ni^{II} sea el único estado de oxidación que se presenta *usualmente*—, por la adjetivación (sódico, férrico, ferroso, mercurioso, etcétera) que ya hace mucho que no se acepta, el otro. Por otra parte, recuérdese que la IUPAC no recomienda los números de oxidación para los nombres de los iones homopoliatómicos (como el Hg_2^{2+}).

12.4. Oxoácidos

Son muchos los ejemplos de oxoácidos que se han presentado antes: las tablas 3, 4, 5, 6 y 8 son una buena muestra y de ellas pueden sacarse ejemplos (o ejercicios). También hay oxoácidos en el cuadro 9. El cuadro 22 contiene de los ya vistos y algunos más; el nombre vulgar no falta si está aceptado, y si no, primero está el nombre de hidrógeno y luego puede estar o no el de adición, como en el ejemplo del H_2MnO_4 , que ya no se llama ácido mangánico (ni su anión MnO_4^{2-} , manganato).

Obsérvese que también se puede recurrir al nombre de hidrógeno (y muchas veces al de adición) para oxoácidos que tienen nombre vulgar aceptado pero que no he incluido en las tablas anteriormente citadas por no recargarlas o por considerarlos —acertadamente o no— fuera del nivel de bachillerato.

¹⁰En la Tabla IX [3, p. 320] se encuentran níquel(2+) y níquel(3+), y en [3, pp. 148, 156] se especifica níquel(II) en sendos ejemplos.

Es el caso del ácido fosfónico H_2PHO_3 (del que se habla en las pp. 1, 2 y 9), cuyo nombre de hidrógeno es dihidrogeno(hidruotrioxidofosfato). Lo mismo puede decirse de sus aniones: el hidrogenofosfonato, HPO_3^{1-} , puede llamarse hidrogeno(hidruotrioxidofosfato)(1-), si no se sabe que el ácido del que proviene se llama ácido fosfónico.

12.5. Sales

Los últimos ejemplos son los del cuadro 23. Muchas veces el problema es relacionar el anión con el oxoácido del que procede, que suele tener nombre vulgar aceptado. En este caso y hecha la identificación, las cargas de los iones se deducen fácilmente y las conocidas transformaciones $\text{ico} \rightarrow \text{ato}$ y $\text{oso} \rightarrow \text{ito}$ llevan a los nombres. Por ejemplo, en el $\text{Fe}(\text{HSO}_3)_2$ se relaciona el anión con el ácido sulfuroso, H_2SO_3 , del que resulta por pérdida de un hidrón; como los dos aniones HSO_3^- van acompañados de un catión, este debe ser dipositivo, y es el Fe^{2+} . Así, un nombre es hidrogenosulfito de hierro(II). Con las sales de los metales alcalinos y alcalino-térreos, se puede proceder al revés, puesto que son conocidos de antemano los estados de oxidación de estos metales (I para los alcalinos y II, únicamente, para los alcalino-térreos): KH_2PO_4 implica K^+ y, en consecuencia, H_2PO_4^- , anión este que se relaciona inmediatamente con el ácido fosfórico: un nombre es dihidrogenofosfato de potasio. Y no es raro que sobre información: BaCO_3 lleva al anión CO_3^{2-} y este al ácido carbónico, al considerar el catión Ba^{2+} ; pero también la propia composición del anión lleva al mismo oxoácido... El nombre más simple es carbonato de bario, pero también se puede llamar trioxidocarbonato de bario recurriendo al nombre sistemático —trioxidocarbonato(2-)— del anión.

AlO	monóxido de aluminio
Al ₂ O ₃	trióxido de dialuminio, óxido de aluminio
BaO	óxido de bario
BaO ₂	(es decir, Ba ²⁺ O ₂ ²⁻) dióxido(2-) de bario; peróxido de bario
CO, CO ₂	monóxido de carbono, dióxido de carbono
CrO	monóxido de cromo, óxido de cromo(II)
Cr ₂ O ₃	trióxido de dicromo, óxido de cromo(III)
CrO ₂	dióxido de cromo, óxido de cromo(IV)
CrO ₃	trióxido de cromo, óxido de cromo(VI)
HO•	hidroxilo (nombre habitual aceptado)
HO ⁻	(también OH ⁻) hidróxido (nombre aceptado)
H ₂ O ₂	peróxido de hidrógeno; peróxido de hidrógeno
H ₃ O ⁺	oxidanio; oxonio (no es 'hidronio')
KO ₂	(esto es, K ⁺ O ₂ ⁻) dióxido(1-) de potasio; superóxido de potasio
KO ₃	(o sea, K ⁺ O ₃ ⁻) trióxido(1-) de potasio; ozónido de potasio
K ₂ O	óxido de dipotasio
K ₂ O ₂	(contiene O ₂ ²⁻) dióxido(2-) de dipotasio; peróxido de potasio
MnO	monóxido de manganeso, óxido de manganeso(II)
Mn ₂ O ₃	trióxido de dimanganeso, óxido de manganeso(III)
MnO ₂	dióxido de manganeso, óxido de manganeso(IV)
Mn ₂ O ₇	heptaóxido de dimanganeso, óxido de manganeso(VII)
Mn ₃ O ₄	tetraóxido de trimanganeso, tetraóxido de manganeso(II, III) —porque es Mn ^{II} Mn ₂ ^{III} O ₄ —
N ₂ O	óxido de dinitrógeno (no 'óxido nitroso')
NO, N ₂ O ₂	monóxido de nitrógeno (no 'óxido nítrico'), dióxido de dinitrógeno
N ₂ O ₃	trióxido de dinitrógeno
NO ₂ , N ₂ O ₄	dióxido de nitrógeno, tetraóxido de dinitrógeno
N ₂ O ₅	pentaóxido de dinitrógeno
O ₂ Cl	cloruro de dióxígeno
O ₇ Cl ₂	dicloruro de heptaoxígeno
OF ₂	difluoruro de oxígeno
O ₂ F ₂	difluoruro de dióxígeno, difluorodioxidano (es FOOF)
O ₅ I ₂	diyoduro de pentaóxígeno
PuO ₂	dióxido de plutonio
SO, SeO	monóxido de azufre, monóxido de selenio
SO ₂ , SeO ₂	dióxido de azufre, dióxido de selenio
SO ₃ , SeO ₃	trióxido de azufre, trióxido de selenio
SiO ₂	dióxido de silicio
UO ₂	dióxido de uranio
VO	monóxido de vanadio, óxido de vanadio(II)
VO ₂	dióxido de vanadio, óxido de vanadio(IV)
ZrO	óxido de circonio(II)

Cuadro 19: Ejemplos de óxidos, peróxidos...

AlH, AlH ₃	monohidruro de aluminio, trihidruro de aluminio
AsH, AsH ₂ , AsH ₃	monohidruro de arsénico, dihidruro de arsénico, pentahidruro de arsénico
AsH ₃	trihidruro de arsénico, arsano (no arsina)
As ₂ H ₄ , As ₂ H ₂	diarsano (H ₂ AsAsH ₂), diarseno (HAs=AsH)
BH ₃	trihidruro de boro, borano
BiH ₃	trihidruro de bismuto, bismutano
CH ₄	metano
GaH ₃	trihidruro de galio, galano
GeH ₄	tetrahidruro de germanio, germano, tetrahidrurogermanio
HBr	bromuro de hidrógeno, hidrogeno(bromuro)
HCl	cloruro de hidrógeno, hidrogeno(cloruro)
HI	yoduro de hidrógeno, hidrogeno(yoduro)
H ₂ O ₂	peróxido de dihidrógeno, dihidrogeno(peróxido), dioxidano (es HOOH); peróxido de hidrógeno
H ₂ Po	polonuro de dihidrógeno, dihidrogeno(polonuro), polano
H ₂ S	sulfuro de dihidrógeno, dihidrogeno(sulfuro), sulfano; sulfuro de hidrógeno
H ₂ S ₂	disulfuro de dihidrógeno, disulfano (es HSSH)
H ₂ S ₃	trisulfuro de dihidrógeno, trisulfano (especifica HSSSH)
H ₂ Se	selenuro de dihidrógeno, dihidrogeno(selenuro), selano; selenuro de hidrógeno
H ₂ Te	telururo de dihidrógeno, telano
InH ₃ , LiH	trihidruro de indio, hidruro de litio
NH ₃	trihidruro de nitrógeno, azano; amoníaco
N ₂ H ₄	diazano (H ₂ NNH ₂), hidrazina
PH ₃	trihidruro de fósforo, fosfano (no fosfina)
PH ₅	pentahidruro de fósforo
P ₂ H ₄	tetrahidruro de difósforo, difosfano (indica H ₂ PPH ₂)
SbH ₃	trihidruro de antimonio, estibano (que no estibina)
SiH ₄	tetrahidruro de silicio, silano
Si ₂ H ₆	disilano
SnH ₄	tetrahidruro de estaño, estannano

Cuadro 20: Ejemplos de hidruros.

NaOH, KOH, Ca(OH) ₂	hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de calcio
Co(OH) ₃	trihidróxido de cobalto, hidróxido de cobalto(3+), hidróxido de cobalto(III)
Ni(OH) ₂	hidróxido de níquel(II) (hidróxido de níquel)
Zn(OH) ₂ , Cd(OH) ₂	hidróxido de cinc, hidróxido de cadmio
Fe(OH) ₂	dihidróxido de hierro, hidróxido de hierro(2+), hidróxido de hierro(II)
Cr(OH) ₃	trihidróxido de cromo, hidróxido de cromo(3+)
Hg ₂ (OH) ₂	dihidróxido de mercurio, dihidróxido de (dimercurio), hidróxido de dimercurio(2+)
Hg(OH) ₂	dihidróxido de mercurio, hidróxido de mercurio(II)
Na(OH), Ca(OH) ₂ , Fe(OH) ₂	hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, hidróxido de hierro(2+)

Cuadro 21: Ejemplos de hidróxidos.

$\text{HIO}_4, \text{H}_5\text{IO}_6$	ácido peryódico, ácido ortoperiyódico
$\text{HBrO}_3, \text{HBrO}_2$	ácido brómico, ácido bromoso
HIO, HClO	ácido hipoyodoso, ácido hipocloroso
$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{SeO}_4$	ácido sulfúrico, ácido selénico
$\text{H}_2\text{TeO}_4, \text{H}_6\text{TeO}_6$	ácido telúrico, ácido ortotelúrico
$\text{H}_2\text{SO}_3, \text{H}_2\text{TeO}_3$	ácido sulfuroso, ácido teluroso
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	ácido disulfúrico
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	ácido tiosulfúrico
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$	ácido peroxidisulfúrico
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_2$	ácido tiosulfuroso
$\text{HNO}_3, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_3\text{AsO}_4$	ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido arsénico
$(\text{HPO}_3)_n$	ácido metafosfórico
H_3PO_5	ácido peroxifosfórico
$\text{HNO}_2, \text{H}_3\text{PO}_3, \text{H}_3\text{SbO}_3$	ácido nitroso, ácido fosforoso, ácido antimonososo
H_2PHO_2	dihidrogeno(hidrurodioxidofosfato), dihidroxidohidrurofósforo (reconocido como $[\text{PH}(\text{OH})_2]$)
$\text{H}_2\text{CO}_3, \text{H}_4\text{SiO}_4$	ácido carbónico, ácido silícico
$\text{H}_3\text{BO}_3, (\text{HBO}_2)_n$	ácido bórico, ácido metabórico
HMnO_4	hidrogeno(tetraoxidomanganato)
H_2MnO_4	dihidrogeno(tetraoxidomanganato), dihidroxidodioxidomanganeso, porque es $[\text{MnO}_2(\text{OH})_2]$
H_2CrO_4	dihidrogeno(tetraoxidocromato)
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	dihidrogeno(heptaoxidodicromato)

Cuadro 22: Ejemplos de oxoácidos.

BaCO ₃	carbonato de bario, trioxidocarbonato de bario
NH ₄ Cl	cloruro de amonio (y no «amónico»)
Na ₂ CO ₃	carbonato de sodio, trioxidocarbonato de disodio
Na ₂ Cr ₂ O ₇ , K ₂ CrO ₄	dicromato de sodio, cromato de potasio
NaClO ₄	perclorato de sodio, tetraoxidoclorato de sodio
KMgCl ₃	triclorigenocloruro de magnesio y potasio (ordenaciones alfabéticas)
Ca(NO ₃) ₂	nitrato de calcio, bis(trioxidonitrato) de calcio
(UO ₂) ₂ SO ₄	sulfato de dioxidouranio(1+), tetraoxidosulfato de bis(dioxidouranio)
	sulfato de dioxidouranio(v)
Ba(BrF ₄) ₂	bis(tetrafluorobromato) de bario
KMnO ₄ , K ₂ MnO ₄	permanganato de potasio, tetraoxidomanganato de dipotasio
FeSO ₄ , Fe ₂ (SO ₄) ₃	sulfato de hierro(2+), sulfato de hierro(3+)
U(S ₂ O ₇) ₂ , Ba ₂ P ₂ O ₇	bis(disulfato) de uranio, difosfato de bario
Fe(HS) ₂	bis[hidrogeno(sulfuro)] de hierro, sulfanuro de hierro(II)
Ca ₃ (PO ₄) ₂	fosfato de calcio, bis(fosfato) de tricalcio
NH ₄ H ₂ PO ₄	dihidrogenofosfato de amonio
Mg(HCO ₃) ₂	hidrogenocarbonato de magnesio, bis(hidrogenocarbonato) de magnesio
Hg ₂ Cl ₂	dicloruro de dimercurio, dicloruro de (dimercurio), cloruro de dimercurio(2+)
Co(NO ₃) ₃ , Fe(NO ₂) ₂	nitrato de cobalto(III), nitrito de hierro(II)
Cu(ClO ₃) ₂ , CuBrO ₂	clorato de cobre(II), bromito de cobre(I)
Al ₂ (SO ₄) ₃	trisulfato de dialuminio, sulfato de aluminio
AlK(SO ₄) ₂	bis(sulfato) de aluminio y potasio
AlCl ₃ , AlCl ₃	monocloruro de aluminio, tricloruro de aluminio (cloruro de aluminio)
BiCl ₃	cloruro de bismuto(III)
Fe(HSO ₃) ₂ , CdSO ₄	hidrogenosulfito de hierro(II), sulfato de cadmio

Cuadro 23: Ejemplos de sales.

13. Conclusiones y propuestas

Es cierto que el nivel de la referencia [3] excede en mucho el del bachillerato. Pero no lo es menos que ya hace algunos años que las recomendaciones de la IUPAC de 2005 podían estar (y están) introduciéndose en bachillerato, como demuestran trabajos anteriores y, posiblemente, este mismo si se despoja de referencias y citas y se aligera un poco para dirigirlo más directamente a los alumnos. (También van en esta dirección las directrices y orientaciones para las PAU de universidades como la de Sevilla [8], por citar alguna).

Enseñar una nomenclatura que más pronto que tarde ha de quedar completa o mayoritariamente obsoleta es dificultar los estudios posteriores de los actuales estudiantes de bachillerato. En consecuencia, debería acordarse, al menos, no dificultar el trabajo de los que quieren dar la nomenclatura según las recomendaciones actuales. Las dificultades aparecen cuando en los exámenes se siguen introduciendo nombres no aceptados actualmente. Por otro lado, los alumnos tienen derecho a que se valore el esfuerzo que hicieron anteriormente con las viejas nomenclaturas, por lo que propongo, simplemente, que durante un tiempo se dé también por bueno (casi) cualquier nombre que alguna vez fuera correcto como respuesta a una fórmula dada. Y, a la inversa, que se compatibilice lo viejo y lo nuevo preguntando por las fórmulas mediante nombres vulgares aceptados tanto hoy como ayer, ya que —como puede verse en estas páginas— quedan todavía muchos de esta clase entre los que poder elegir.

Referencias

- [1] BABOR, J.A. E IBARZ, J.: *Química General Moderna*. Barcelona: Marín, 1975.
- [2] LEIGH, G.J. (ed. v.o.), BERTELLO, LUIS F. Y PICO, CARLOS (versión española): *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de 1990*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, 2001.
- [3] CONNELLY, NEIL G., DAMHUS, TURE, HARTSHORN, RICHARD M. Y HUTTON, ALAN T. (eds. v.o.), CIRIANO, MIGUEL Á. Y ROMÁN, PASCUAL (versión española): *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007.
- [4] Ciriano, Miguel Á. y Román, Pascual (2008): «Breve historia de la traducción del Libro rojo de la IUPAC de 2005», *Panace@*, IX (28): 171-176.
- [5] CONNELLY, NEIL G., DAMHUS, TURE, HARTSHORN, RICHARD M. Y HUTTON, ALAN T. (eds.): *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2005. (Se puede encontrar en <http://old.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf>).
- [6] COTTON, F.A. Y WILKINSON, G.: *Fundamentos de química inorgánica*. México: Limusa, 1978.
- [7] PAULING, LINUS: *Química General*. [1947]. Madrid: Aguilar, 1949.
- [8] Ponencia de Química de Andalucía (2011). *Guía sobre el uso de la nomenclatura de química inorgánica...* [pdf]. Disponible en <http://www.upo.es/ponencia_quimica/export/sites/ponencia_quimica/Descargas/PONENCIA_DE_QUIMICA-NOMENCLATURA_2005.pdf>. [Visitada el 21 de diciembre de 2013].
- [9] Red Book Corrections. Disponibles (hay dos) en <<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/bibliog/RBcorrect.html>> [Fe de erratas y fe de erratas adicional. Visitadas el 10 de enero de 2014].
- [10] Román Polo, Pascual (2006): «El verdadero nombre del metal tungsten es wolframio», *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 18: 25-31.
- [11] WIESER, M.E. Y COPLEN, T.B. (2011): «Atomic weights of the elements 2009 (IUPAC Technical Report)», *Pure and Applied Chemistry*, 83(2): 359-396.