



RESUMEN DE LAS NORMAS IUPAC 2005 DE NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA PARA SU USO EN ENSEÑANZA SECUNDARIA Y RECOMENDACIONES DIDÁCTICAS.

2

**NORMAS ACTUALES DE LA IUPAC SOBRE
NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÁNICA**

Miguel Ángel Ciriano López
Juan José Borrás Almenar
Ernesto de Jesús Alcañiz

Fecha de presentación
17 de mayo de 2016

Normas actuales de la IUPAC sobre nomenclatura de Química Inorgánica

Miguel A. Ciriano

Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH), CSIC-Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

C-e: mciriano@unizar.es.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este escrito es ilustrar las recomendaciones de nomenclatura de Química Inorgánica de la *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) descritas sucintamente en la Guía Breve para la Nomenclatura de Química Inorgánica^[1] o resumir las publicadas en el Libro Rojo,^[2] dirigido a los profesores de Educación Secundaria en los distintos niveles educativos (ESO y Bachillerato). Consecuentemente, no se tratará la nomenclatura de compuestos de coordinación, compuestos organometálicos y sólidos. Entre los comentarios a las nuevas normas de nomenclatura de la IUPAC, el artículo del grupo de Pico^[3] es de lectura recomendable.

En las recomendaciones de la IUPAC de 2005 para la nomenclatura de sustancias inorgánicas aparecen cambios significativos. Así, el orden en que aparecen los símbolos de los elementos en las fórmulas (o el átomo central en compuestos de coordinación) y el nombre modificado de uno de ellos en los nombres de compuestos binarios no se sigue exactamente de su electronegatividad, sino de su posición en la Tabla Periódica mediante la llamada secuencia de los elementos (Figura 1). La consecuencia es que los nombres de los compuestos de los halógenos con el oxígeno no son óxidos de los halógenos sino halogenuros de oxígeno. Otras modificaciones importantes se refieren a los nombres de los iones y a la nomenclatura de oxoácidos y oxosales y a la de hidrógeno. Además, se introducen nuevos nombres en los hidruros de elementos representativos, suprimiéndose nombres como fosfina, arsina y estibina.

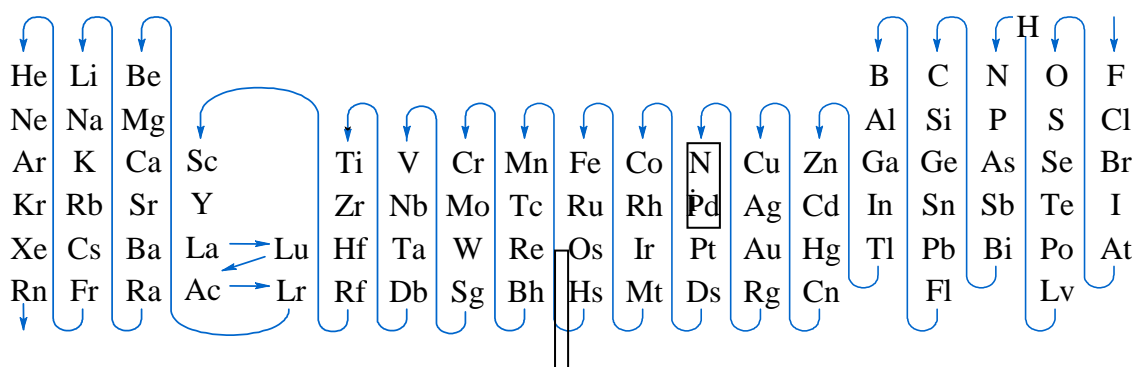


Figura 1. Secuencia de los elementos.

En el desarrollo de la nomenclatura, han aparecido diversos sistemas para la construcción de los nombres químicos; cada uno de ellos tiene su propia lógica inherente y su conjunto de reglas (gramática). Los tres sistemas de importancia fundamental en química inorgánica son las nomenclaturas de composición, sustitución y adición. La nomenclatura de adición es posiblemente la de mayor aplicación general en química inorgánica, aunque la nomenclatura de susti-

tución se aplica en áreas para las que es más adecuada, como en química orgánica. Ambos sistemas requieren el conocimiento de la constitución (conectividad) del compuesto o especies que se van a nombrar. Si se conoce o se quiere comunicar solamente la estequiometría o composición de un compuesto, entonces se usa la nomenclatura de composición, que es la más sencilla.

Nomenclatura de composición (o estequiométrica)

La construcción de un nombre se basa en la composición de una sustancia. Una construcción de este tipo es la de un *nombre estequiométrico* generalizado. Los nombres de los componentes, que pueden ser elementos, iones o entidades compuestas (tales como iones poliatómicos), se indican junto con los prefijos multiplicadores (Tabla 1) que dan la estequiometría completa del compuesto.

El prefijo mono (1) no suele utilizarse salvo que su ausencia conduzca a confusiones. Por ejemplo, óxido de carbono no define exactamente un compuesto, ya que se conocen varios óxidos de carbono. Para evitar esta ambigüedad, CO debe llamarse monóxido de carbono. No son admisibles las contracciones salvo monóxido. Por ejemplo: pentaóxido es correcto y pentóxido es incorrecto.

Si existen dos o más componentes, éstos se dividen formalmente en electropositivos y electronegativos. A este respecto, los nombres son similares a los de las sales tradicionales, aunque ello no tiene implicaciones sobre la naturaleza química de las especies que se nombran.

Tabla 1. Prefijos multiplicadores para especies simples y complejas.

Nº	Simple	Complicado	Nº	Simple	Complicado
2	di	bis	8	octa	octakis
3	tri	tris	9	nona	nonakis
4	tetra	tetrakis	10	deca	decakis
5	penta	pentakis	11	undeca	undecakis
6	hexa	hexakis	12	dodeca	dodecakis
7	hepta	heptakis	20	icosa	icosakis

Ejemplos: O₃, trióxígeno; NaCl, cloruro de sodio; PCl₃, tricloruro de fósforo; NaCN, cianuro de sodio

Nomenclatura de sustitución

La nomenclatura de sustitución se utiliza ampliamente para los compuestos orgánicos y se basa en el concepto de un hidruro progenitor cuyo nombre se modifica al sustituir los átomos de hidrógeno por otros átomos o grupos. También se usa para nombrar los compuestos que se derivan formalmente de los hidruros de algunos elementos de los grupos 13–17 de la tabla periódica.

Ejemplos: SiH₄, silano; SiHCl₃, triclorosilano; PH₃, fosfano; PHMe₂, dimetilfosfano

Nomenclatura de adición

La nomenclatura de adición considera que un compuesto o especie es una combinación de un átomo central o átomos centrales con ligandos asociados. El sistema de adición se usa para los compuestos de coordinación aunque puede usarse para clases de compuestos mucho más amplias, como se muestra para los ácidos inorgánicos.

Ejemplos: PCl_3 , triclorurofosforo; $\text{HMnO}_4 = [\text{MnO}_3(\text{OH})]$, hidroxidotrioxidomanganeso

2. NOMENCLATURA DE COMPOSICIÓN (NOMBRES ESTEQUIOMÉTRICOS)

Un **nombre estequiométrico** o **de composición** sólo proporciona información sobre la composición de un ion, molécula o compuesto y puede estar relacionado bien con la fórmula empírica o con la molecular de esa especie. No proporciona ninguna información estructural.

Especies homoatómicas

Contienen únicamente átomos de un elemento. Una muestra de un elemento que tiene una fórmula indefinida o es una mezcla de alótropos tiene el mismo nombre que el del átomo. En el caso de tener que nombrar especies moleculares definidas de los elementos, el nombre se forma combinando el nombre del elemento con el prefijo multiplicador pertinente que corresponde al número de átomos en la molécula. (Tabla 2, primera columna). El prefijo 'mono' se usa únicamente cuando el elemento no se presenta en la naturaleza en estado monoatómico. Se sobreentiende que las moléculas de los gases nobles son monoatómicas.

Los iones se nombran añadiendo los números de carga entre paréntesis, *p. ej.*, (1+), (3+), (2-) al nombre del elemento si son cationes o al nombre del elemento modificado si son aniones. Para obtener (la mayoría de) los nombres de los aniones homoatómicos se añade la terminación '-uro' en lugar de las terminaciones de los nombres de los elementos: '-eso', '-ico', '-o', '-io', '-ogeno', '-ono', u '-oro'. La excepción más importante es el oxígeno, para el que el nombre del anión más simple (O^{2-}) es óxido. Para algunos elementos (*p. ej.*, S, Fe, Ag, Au) se usa la raíz del nombre en latín antepuesta a la terminación '-uro'. Algunos aniones pueden tener nombres tradicionales aceptables (que se usan sin números de carga). Por ejemplo, N_3^- , azida; O^{2-} , óxido; O_2^{2-} , peróxido; O_2^- , superóxido; S^{2-} , sulfuro; S_2^{2-} , disulfuro; Cl^- , cloruro; etc. (Tabla 2).

Obsérvese que el número de carga va seguido al nombre del ion sin espacio, entre paréntesis y con el formato n+. En las fórmulas la carga va como superíndice y el número precede al signo (con el formato n+/n-)

Tabla 2. Ejemplos de especies homoatómicas.

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
O_2	dioxígeno	Na^+	sodio(1+)	Cl^-	cloruro(1-) o cloruro
S_8	octaazufre	Fe^{2+}	hierro(2+)	I_3^-	triioduro(1-)
P_4	tetrafósforo	Hg_2^{2+}	dimercurio(2+)	O_2^{2-}	dióxido(2-) o peróxido
H_2	dihidrógeno	Cu^{2+}	cobre(2+)	N_3^-	trinitruro(1-) o azida
Ag	plata	Cu^+	cobre(1+)	P^{3-}	fosfuro(3-) o fosfuro
N	mononitrógeno	Mn^{2+}	manganeso(2+)	C_2^{2-}	dicarburo(2-) o acetiluro

Compuestos binarios

Los compuestos binarios son los que contienen átomos de dos elementos. Sus fórmulas se construyen escribiendo sus símbolos sin espacios con sus correspondientes coeficientes estequiométricos como subíndices y ordenándolos de modo que se representa en primer lugar el símbolo del elemento que se encuentre el *último* en la secuencia de los elementos (Figura 1). Se nombran estequiométricamente combinando los nombres de los elementos en el orden opuesto al de la fórmula, esto es, citando primero el nombre del elemento al que se llega primero al seguir la flecha de la secuencia de los elementos como si se tratara de un anión. Así, al nombre de este elemento formalmente 'electronegativo' se le da la terminación '-uro' y se coloca el primero en el nombre del compuesto, siguiéndole la preposición 'de' y el nombre del elemento formalmente 'electropositivo' (véase la Tabla 3). Para indicar la composición pueden usarse:

- Los prefijos multiplicadores (Tabla 1) antepuestos a los nombres de los elementos.
- Los números de carga, que siguen sin espacio a los nombres de catión y anión. Como el número de carga de los aniones no suele dar lugar a confusión, es suficiente señalar sólo el de los cationes. Además, la carga de algunos cationes puede omitirse cuando no hay duda, como es el caso de los alcalinos (grupo 1, siempre 1+) y los alcalinotérreos (grupo 2, siempre 2+), así como los elementos más comunes con número de oxidación único (caso del aluminio 3+, por ejemplo). Este método sólo es válido para los compuestos iónicos.
- Los números de oxidación. Para ello basta con añadir al esquema general de obtención del nombre el estado de oxidación del elemento más electropositivo mediante el número romano correspondiente escrito entre paréntesis y sin espacio. Este paso puede omitirse con los elementos más comunes con número de oxidación único, como los indicados en el apartado b)

Obsérvese que en b) y c) no se utilizan los prefijos multiplicadores.

Tabla 3. Ejemplos de compuestos binarios.

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
GaAs	arsenuro de galio, o arsenuro de galio(III)	FeCl ₂	dicloruro de hierro, o cloruro de hierro(II), o cloruro de hierro(2+)
CO ₂	dióxido de carbono	FeCl ₃	tricloruro de hierro, o cloruro de hierro(III)
CaF ₂	difluoruro de calcio, o fluoruro de calcio	H ₂ O ₂	dióxido de hidrógeno, o peróxido de hidrógeno
AgBr	bromuro de plata, o bromuro de plata(1+)	NO ₂	dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno(IV)
P ₄ O ₁₀	decaóxido de tetrafósforo	CCl ₄	tetracloruro de carbono

Especies heteropoliatómicas

Generalmente, las **especies heteropoliatómicas** pueden nombrarse usando la nomenclatura de composición, pero, a menudo, se utiliza la nomenclatura de sustitución o la de adición. Esta última también proporciona información sobre la manera en que los átomos están conectados.

Obsérvese que por ejemplo para POCl_3 (o PCl_3O por orden alfabético), los nombres de composición: tricloruro óxido de fósforo y de adición: triclorurooxidofósforo indican la composición, pero el segundo indica además que los átomos de oxígeno y de cloro están unidos al de fósforo. La nomenclatura de estos compuestos tiene una base pseudobinaria que sigue las normas del sistema de composición. Antes de ilustrar como se crean los nombres de compuestos formados por aniones y/o cationes heteropoliatómicos o de aductos es preferible dedicar la atención a algunos tipos de compuestos como hidruros, a la nomenclatura de sustitución y a los oxoácidos y sus derivados. Por otra parte, conviene recordar que existen cationes y aniones heteroatómicos con nombres aceptados todavía [*p. ej.*, amonio, NH_4^+ ; hidróxido, OH^- (o HO^- según la secuencia de los elementos); cianuro, CN^- ; nitrito, NO_2^- ; fosfato, PO_4^{3-} ; difosfato, $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, etc.] que se utilizan muy frecuentemente para formular y nombrar especies heteropoliatómicas.

Hidruros y compuestos binarios con hidrógeno

En las combinaciones binarias de un elemento con el hidrógeno se debe tener en cuenta la secuencia de los elementos de la Figura 1, de modo que, para las combinaciones de hidrógeno con elementos de los grupos 1–15 se utilizará la nomenclatura de composición con la denominación hidruro para el hidrógeno con papel de elemento electronegativo y estado de oxidación $\text{H}(-I)$. Se indicará la proporción de los elementos bien con los correspondientes prefijos multiplicadores o con el estado de oxidación o el número de carga del elemento más electropositivo, en caso de que éste tenga más de uno (Tabla 4).

Para las combinaciones con los elementos de los grupos 16 y 17 (excepto el oxígeno) se nombran poniendo en primer lugar el nombre del elemento más electronegativo con el sufijo 'uro' y, a continuación el del hidrógeno, si es necesario con el correspondiente prefijo multiplicador. Se admiten los nombres tradicionales amoníaco (NH_3), agua (H_2O), e hidrazina (N_2H_4); este último como hidruro progenitor en química orgánica. Los nombres del tipo 'ácido clorhídrico', 'ácido sulfhídrico', etc. se refieren a disoluciones acuosas de cloruro de hidrógeno o sulfuro de hidrógeno en agua y no corresponden a compuestos químicos sino a mezclas. Por tanto, su uso no está admitido en las normas de nomenclatura de la IUPAC.

Tabla 4. Ejemplos de hidruros y compuestos binarios con hidrógeno.

Fórmula	Nomenclatura de composición	Nombre no aceptado	Observaciones
FeH_2	dihidruro de hierro, ó hidruro de hierro(II), ó hidruro de hierro(2+)	hidruro ferroso	
LiH	hidruro de litio	hidruro lítico	
PH_3	trihidruro de fósforo, ó hidruro de fósforo(III)	fosfina	no tiene carácter iónico
H_2S	sulfuro de dihidrógeno, ó sulfuro de hidrógeno	ácido sulfhídrico	no tiene carácter iónico
HBr	bromuro de hidrógeno	ácido bromhídrico	no tiene carácter iónico
N_2H_4	tetrahidruro de dinitrógeno		Nombre aceptado: hidrazina

Por otra parte, la IUPAC acepta los siguientes nombres de iones derivados de hidruros binarios (Tabla 5).

Tabla 5. Ejemplos de nombres de iones derivados de hidruros binarios.

Fórmula	Nombre aceptado	Fórmula	Nombre aceptado
NH_4^+	amonio	H_3O^+	oxonio (hidrón para H^+)
NH_2^-	amida		
NH^{2-}	imida	OH^-	hidróxido
N_3^-	azida, trinitruro(1-)	SH^-	hidrogeno(sulfuro)(1-)

3. NOMENCLATURA DE SUSTITUCIÓN

En la nomenclatura de sustitución los hidruros de los elementos de los grupos 13 a 17 de la tabla periódica tienen un papel principal ya que se usan como compuestos progenitores. A partir de ellos, por sustitución formal de átomos de hidrógeno se obtienen sus derivados; obsérvese el orden en sus fórmulas: 1º) elemento representativo, 2º) hidrógeno, 3º) sustituyentes, como en los compuestos orgánicos.

Ejemplos: CH_2Cl_2 , diclorometano; PbH_2Et_2 , dietilplumbano; PH_2Ph , fenilfosfano.

Los nombres de los hidruros progenitores se construyen con la raíz del nombre del elemento y el sufijo '-ano' salvo los del carbono y son los que se indican en la Tabla 6. Son aceptados los nombres no sistemáticos amoníaco y agua, pero los nombres fosfina, arsina y estibina no se deben utilizar.

Tabla 6. Nombres progenitores de los hidruros mononucleares.

Fórm.	Nombre	Fórm.	Nombre	Fórm.	Nombre	Fórm.	Nombre	Fórm.	Nombre
BH_3	borano	CH_4	metano	NH_3	azano	H_2O	oxidano	HF	fluorano
AlH_3	alumano	SiH_4	silano	PH_3	fosfano	H_2S	sulfano	HCl	clorano
GaH_3	galano	GeH_4	germano	AsH_3	arsano	H_2Se	selano	HBr	bromano
InH_3	indigano	SnH_4	estannano	SbH_3	estibano	H_2Te	telano	HI	yodano
TlH_3	talano	PbH_4	plumbano	BiH_3	bismutano	H_2Po	polano	HAt	astatano

Aunque esta nomenclatura no se utilice con frecuencia en enseñanza, es conveniente indicar que los nombres de hidruros progenitores con mayor número de átomos del elemento representativo en las moléculas se construyen con los prefijos multiplicadores y la terminación '-ano'. Los nombres de los hidruros de boro y de carbono siguen reglas especiales.

Ejemplos: N_2H_4 , diazano (hidrazina); Si_3H_8 , trisilano; H_2O_2 , dioxidano (peróxido de hidrógeno).

Por otra parte, conviene conocer los nombres de iones y la forma de construirlos en la nomenclatura de sustitución.

Cationes

El nombre de un ion, derivado formalmente de la adición de un hidrón a un hidruro progenitor, se obtiene añadiéndole el sufijo '-io' al nombre del hidruro progenitor con elisión de la 'a' u 'o' finales. Para nombrar los policationes formados de esta manera se usan los sufijos '-diiio', '-triiio', etc. sin elisión de la 'a' u 'o' final del nombre del hidruro progenitor. Los nombres alternativos –que no son de sustitución– amonio, hidrazinio, hidrazinadiio y oxonio se usan para nombrar derivados orgánicos.

Ejemplos: NH_4^+ , azanio (amonio); N_2H_5^+ , diazanio (hidrazinio); $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$, diazanodiiio (hidrazina-diiio);

H_3O^+ , oxidanio (oxonio; *no es hidronio*); PH_4^+ , fosfanio; H_3S^+ , sulfanio.

Aniones

Un anión obtenido formalmente por eliminación de uno o más hidrones a partir de un hidruro progenitor se nombra añadiéndole '-uro', '-diuro', etc., al nombre del progenitor, elidiendo la 'o' o la vocal terminal solamente cuando ésta va antes de '-uro'.

Ejemplos: NH_2^- , azanuro (amida); NH^{2-} , azanodiuro (imida); H_2NNH^- , diazanuro (hidrazinuro); H_2NN^{2-} , diazано-1,1-diuro (hidrazina-1,1-diuro); SiH_3^- , silanuro; GeH_3^- , germanuro; SH^- , sulfanuro.

4. NOMENCLATURA DE ADICIÓN

La nomenclatura de adición fue desarrollada originalmente para los compuestos de coordinación de tipo Werner. Se consideran constituidos por un átomo (o átomos) central(es) rodeado(s) por grupos conocidos como ligandos, aunque puede servir para asignar con propiedad nombres de adición a muchos otros tipos de compuestos, como los oxoácidos y sus iones. Dichos nombres se construyen colocando los nombres de los ligandos como prefijos del nombre (o nombres) del (de los) átomo(s) central(es). Las desinencias '-ido', '-uro', '-ato' e '-ito' de los ligandos aniónicos no cambian al generar estos prefijos.

La elección del átomo o átomos centrales es un paso clave en el proceso de nombrar un compuesto mediante la nomenclatura de adición. Si hay un átomo o átomos metálicos en el compuesto, éstos se deben elegir como átomo o átomos centrales. En algunos compuestos puede haber distintas opciones para elegir el átomo central. En el caso de que exista una alternativa entre diferentes átomos, para seleccionar a uno de ellos como átomo central, debe elegirse como tal a aquél que se encuentra el último al seguir las flechas en la secuencia de los elementos (Figura 1).

Los nombres de los iones y compuestos mononucleares, es decir, de las especies que poseen un único átomo central se forman citando los nombres de los ligandos en orden alfabético y delante del nombre del átomo central sin espacios entre ellos. Cuando hay varios ligandos iguales, se reúnen en el nombre mediante prefijos multiplicadores, es decir, 'di', 'tri', 'tetra', etc. en el caso de que sean ligandos sencillos y 'bis', 'tris', 'tetrakis', etc. cuando se trata de ligandos más complicados o para evitar cualquier ambigüedad que podría producir el uso de 'di', 'tri', etc. Los prefijos multiplicadores que no son parte inherente del nombre del ligando no afectan al orden alfabético. Si la entidad de coordinación es neutra o un catión no se cambia el nombre del átomo central. Las especies aniónicas toman la desinencia '-ato' en la nomenclatura.

ra de adición. Los nombres de adición de los iones finalizan con el número de carga.

El procedimiento general para nombrar una entidad dinuclear simétrica es el siguiente: los ligandos se nombran de la manera habitual y el afijo multiplicador 'di' se añade inmediatamente antes del nombre del átomo central. Los ligandos puente en especies dinucleares se indican con la letra griega μ colocada antes del nombre del ligando y unida a él con un guión. El término completo –v.g., ' μ -cloruro'– se separa del resto del nombre con guiones. Si hay más de un ligando puente idéntico, se emplean prefijos multiplicadores.

En las fórmulas se escribe primero el átomo central y le siguen los ligandos por orden alfabético independientemente de su carga. Los símbolos de una letra preceden a los de dos. Dentro de la fórmula se utilizan signos de inclusión (paréntesis, llaves, etc.) cuando sea necesario y la entidad de coordinación se escribe entre corchetes. En particular, los ligandos puente se colocan entre paréntesis con la letra griega μ colocada antes del símbolo, fórmula o abreviatura del ligando y unida a él con un guión. Si hay más de un ligando puente idéntico, se emplean prefijos multiplicadores.

Estas reglas son útiles en la nomenclatura de oxoácidos, oxoaniones y compuestos heteropoliatómicos.

Oxoácidos y sus derivados

Algunos compuestos sencillos inorgánicos y otros que contienen carbono tienen nombres no sistemáticos o semisistemáticos que incluyen la palabra 'ácido'. Por ejemplo: ácido bórico, ácido metabórico, ácido fosfórico, ácido difosfórico, ácido ditionoso, ácido peroxidisulfúrico, etc. Estos nombres son únicos en la nomenclatura moderna, en el sentido de que describen una propiedad química particular de los compuestos en cuestión. Por el contrario, los nombres sistemáticos se basan únicamente en la composición y la estructura. A todos estos ácidos se les pueden dar nombres sistemáticos usando los principios de las nomenclaturas de adición y de sustitución descritas anteriormente. Sin embargo, se usan habitualmente tal cantidad de nombres de 'ácidos' ya existentes (ácido sulfúrico, ácido perclórico) que la sugerencia de reemplazarlos por alternativas sistemáticas sería poco práctica y sus nombres están permitidos por la IUPAC. Otra razón para incluirlos en las recomendaciones actuales es que los citados ácidos se usan como estructuras progenitoras en la nomenclatura de algunos derivados orgánicos. Además, existe un tipo adicional de nombres que pueden considerarse una generalización de los nombres vulgares de aniones para los que se puede utilizar la llamada *nomenclatura de hidrógeno*.

La tabla completa con las fórmulas tradicionales, las de coordinación y los nombres vulgares y de coordinación de los oxoácidos permitidos por la IUPAC puede encontrarse en el Libro Rojo (tabla IR-8.1). En los nombres vulgares, los prefijos 'per-' e 'hipo-' y los sufijos '-ico' y '-oso' y sus combinaciones se utilizan para indicar el estado de oxidación del átomo central. En sus aniones se sustituyen las terminaciones '-ico' y '-oso' por '-ato' e '-ito', respectivamente. No se puede utilizar la anterior nomenclatura sistemática ni la de Stock. También se dejan de utilizar el prefijo 'orto-' para los ácidos de B, Si, P, As y Sb, por innecesario, y el 'piro-', que se sustituye por 'di-'. La ordenación en las fórmulas para los nombres vulgares es la siguiente:

hidrones ácidos–átomo central–hidrones no ácidos–oxígeno

Como entidades de coordinación se utilizan los ligandos óxido, hidróxido e hidruro (para los hidrógenos no ácidos, unidos al átomo central) ordenados alfabéticamente en los nombres y

alfanuméricamente por los símbolos y complejidad en las fórmulas. Para los aniones la ordenación es la misma. En la Tabla 7 se recogen las fórmulas y nombres de los más frecuentes y de sus aniones, que ilustran los dos tipos de nomenclatura.

Tabla 7. Nombres permitidos de oxoácidos y sus aniones.

Fórmula	Nombre vulgar aceptado	Nombre de adición
$H_3BO_3 = [B(OH)_3]$	ácido bórico	trihidroxidoboro
$H_2BO_3^- = [BO(OH)_2]^-$	dihidrogenoborato	dihidroxidooxidoborato(1-)
$HBO_3^{2-} = [BO_2(OH)]^{2-}$	hidrogenoborato	hidroxidodioxidoborato(2-)
$[BO_3]^{3-}$	borato	trioxidoborato(3-)
$H_2CO_3 = [CO(OH)_2]$	ácido carbónico	dihidroxidooxidocarbono
$HCO_3^- = [CO_2(OH)]^-$	hidrogenocarbonato	hidroxidodioxidocarbonato(1-)
$[CO_3]^{2-}$	carbonato	trioxidocarbonato(2-)
$HOCN = [C(N)OH]$	ácido ciánico	hidroxidonitruocarbono
$HNCO = [C(NH)O]$	ácido isociánico	azanodiurooxidocarbono
$OCN^- = [C(N)O]^-$	cianato	nitrurooxidocarbonato(1-)
$[SiO_4]^{4-}$	silicato	tetraoxidosilicato(4-)
$(H_2SiO_3)_n = \{Si(OH)_2O\}_n$	ácido metasilícico	<i>catena</i> -poli[dihidroxidosilicio- μ -óxido]
$\{SiO_3\}_n^{2n-}$	metasilicato	<i>catena</i> -poli[dioxidosilicato- μ -óxido(1-)]
$[NO_3]^-$	nitrato	trioxidonitrato(1-)
$H_2NHO = [NH_2OH]$	hidroxilamina	hidroxidodihidronitrógeno
$HNO_2 = [NO(OH)]$	ácido nitroso	hidroxidooxidonitrógeno
$[NO_2]^-$	nitrito	dioxidonitrato(1-)
$H_3PO_4 = [PO(OH)_3]$	ácido fosfórico	trihidroxidooxidofósforo
$H_2PO_4^- = [PO_2(OH)_2]^-$	dihidrogenofosfato	dihidroxidodioxidofosfato(1-)
$HPO_4^{2-} = [PO_3(OH)]^{2-}$	hidrogenofosfato	hidroxidotrioxidofosfato(2-)
$[PO_4]^{3-}$	fosfato	tetraoxidofosfato(3-)
$H_2PHO_3 = [PHO(OH)_2]$	ácido fosfónico ^a	dihidroxidohidrurooxidofósforo
$H_3PO_3 = [P(OH)_3]$	ácido fosforoso ^a	trihidroxidofósforo
$H_2PO_3^- = [PO(OH)_2]^-$	dihidrogenofosfito	dihidroxidooxidofosfato(1-)
$HPO_3^{2-} = [PO_2(OH)]^{2-}$	hidrogenofosfito	hidroxidodioxidofosfato(2-)
$[PO_3]^{3-}$	fosfito	trioxidofosfato(3-)
$H_4P_2O_7 = [(HO)_2P(O)OP(O)(OH)_2]$	ácido difosfórico	μ -óxido-bis(dihidroxidooxidofósforo)
$H_3AsO_4 = [AsO(OH)_3]$	ácido arsénico	trihidroxidooxidoarsénico
$H_3AsO_3 = [As(OH)_3]$	ácido arsenoso	trihidroxidoarsénico
$H_3SbO_4 = [SbO(OH)_3]$	ácido antimónico	trihidroxidooxidoantimonio
$H_3SbO_3 = [Sb(OH)_3]$	ácido antimonoso	trihidroxidoantimonio

Tabla 7. Nombres permitidos de oxoácidos y sus aniones (cont.).

Fórmula	Nombre vulgar aceptado	Nombre de adición
$H_2SO_4 = [SO_2(OH)_2]$	ácido sulfúrico	dihidroxidodioxidoazufre
$HSO_4^- = [SO_3(OH)]^-$	hidrogenosulfato	hidroxidotrioxidosulfato(1-)
$[SO_4]^{2-}$	sulfato	tetraoxidosulfato(2-)
$H_2SO_3 = [SO(OH)_2]$	ácido sulfuroso	dihidroxidooxidoazufre
$HSO_3^- = [SO_2(OH)]^-$	hidrogenosulfito	hidroxidodioxidosulfato(1-)
$[SO_3]^{2-}$	sulfito	trioxidosulfato(2-)
$H_2S_2O_7 = [(HO)S(O)_2OS(O)_2(OH)]$	ácido disulfúrico	μ -óxido-bis(hidroxidodioxidoazufre)
$[S_2O_7]^{2-} = [(O)_3SOS(O)_3]^{2-}$	disulfato	μ -óxido-bis(trioxidosulfato)(2-)
$H_2SeO_4 = [SeO_2(OH)_2]$	ácido selénico	dihidroxidodioxidoselenio
$[SeO_4]^{2-}$	selenato	tetraoxidoselenato(2-)
$H_2SeO_3 = [SeO(OH)_2]$	ácido selenoso	dihidroxidooxidoselenio
$[SeO_3]^{2-}$	selenito	trioxidoselenato(2-)
$H_2TeO_4 = [TeO_2(OH)_2]$	ácido telúrico	dihidroxidodioxidotelurio
$[TeO_4]^{2-}$	telurato	tetraoxidotelurato(2-)
$H_2TeO_3 = [TeO(OH)_2]$	ácido teluroso	dihidroxidooxidotelurio
$HClO_4 = [ClO_3(OH)]$	ácido perclórico	hidroxidotrioxidocloro
$[ClO_4]^-$	perclorato	tetraoxidoclorato(1-)
$HClO_3 = [ClO_2(OH)]$	ácido clórico	hidroxidodioxidocloro
$[ClO_3]^-$	clorato	trioxidoclorato(1-)
$HClO_2 = [ClO(OH)]$	ácido cloroso	hidroxidooxidocloro
$[ClO_2]^-$	clorito	dioxidoclorato(1-)
$HClO = [ClOH]$	ácido hipocloroso	hidroxidocloro
$[OCl]^-$	hipoclorito	clorurooxigenato(1-)
$HBrO_4 = [BrO_3(OH)]$	ácido perbrómico	hidroxidotrioxidobromo
$[BrO_4]^-$	perbromato	tetraoxidobromato(1-)
$HBrO_3 = [BrO_2(OH)]$	ácido brómico	hidroxidodioxidobromo
$[BrO_3]^-$	bromato	trioxidobromato(1-)
$HBrO_2 = [BrO(OH)]$	ácido bromoso	hidroxidooxidobromo
$[BrO_2]^-$	bromito	dioxidobromato(1-)
$HBrO = [BrOH]$	ácido hipobromoso	hidroxidobromo
$[OBr]^-$	hipobromito	bromurooxigenato(1-)
$HIO_4 = [IO_3(OH)]$	ácido peryódico	hidroxidotrioxidoyodo
$[IO_4]^-$	peryodato	tetraoxidoyodato(1-)
$HIO_3 = [IO_2(OH)]$	ácido yódico	hidroxidodioxidoyodo
$[IO_3]^-$	yodato	trioxidoyodato(1-)
$HIO_2 = [IO(OH)]$	ácido yodoso	hidroxidooxidoyodo
$[IO_2]^-$	yodito	dioxidoyodato(1-)
$HIO = [IOH]$	ácido hipoyodoso	hidroxidoyodo
$[OI]^-$	hipoyodito	yodurooxigenato(1-)

a) El nombre ácido fosforoso y la fórmula H_3PO_3 se han usado en la bibliografía para $[P(OH)_3]$ y $[PHO(OH)_2]$. La elección actual de los nombres de estas dos especies está de acuerdo con los nombres de progenitores.

Hay también tres importantes oxoaniones con nombre vulgar aceptados que, sin embargo, no tienen sus correspondientes oxoácidos en la Tabla IR-8.1. Estos son: CrO_4^{2-} , cromato; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, dicromato y MnO_4^- , permanganato. Obsérvese que la nomenclatura tipo sistemático (ej.: tetraoxomanganato de hidrógeno) o semisistemático (ej.: ácido tetraoxomangánico(VII)) no se usan. Para nombrar ácidos o sus aniones derivados de la pérdida de uno o más hidrones se puede utilizar la nomenclatura de hidrógeno.

5. NOMENCLATURA DE HIDRÓGENO

Existe una nomenclatura alternativa de compuestos e iones que contienen hidrógeno. La palabra 'hidrogeno' (escrita sin acento, pero leída con el énfasis en la sílaba 'dro') con un prefijo multiplicador, si es relevante, se une (sin espacio) al nombre de un anión obtenido por la nomenclatura de adición y colocada dentro de los signos de inclusión pertinentes. A esta construcción le sigue (de nuevo sin espacio) un número de carga, que indica la carga neta de la especie o unidad estructural que se va a nombrar (excepto si la especie/unidad es neutra).

La nomenclatura de hidrógeno es útil cuando la conectividad (las posiciones de unión de los hidrones) en un compuesto o ion que contiene hidrones es desconocida o no se especifica (es decir, cuando no se indica de cual de los dos o más tautómeros se trata, o cuando no se desea especificar una conectividad).

Algunas especies aniónicas habituales tienen nombres que pueden considerarse formas abreviadas de la *nomenclatura de hidrógeno* según el método anterior. Dichos nombres, constituidos por una sola palabra sin indicación explícita de la carga molecular y sin signos de inclusión se aceptan por su brevedad, uso continuado y porque no son ambiguos. Se recomienda encarecidamente que se considere esta lista como limitante por las ambigüedades que pueden surgir en muchos otros casos. Estos nombres están incluidos en la Tabla 8.

Tabla 8. Nombres de hidrógeno abreviados de algunos nombres.

Anión	Nombre de hidrógeno simplificado aceptado	Nombre de hidrógeno
H_2BO_3^-	dihidrogenoborato	dihidrogeno(trioxidoborato)(1-)
HBO_3^{2-}	hidrogenoborato	hidrogeno(trioxidoborato)(2-)
HCO_3^-	hidrogenocarbonato	hidrogeno(trioxidocarbonato)(1-)
H_2PO_4^-	dihidrogenofosfato	dihidrogeno(tetraoxidofosfato)(1-)
HPO_4^{2-}	hidrogenofosfato	hidrogeno(tetraoxidofosfato)(2-)
H_2PO_3^-	dihidrogenofosfito	dihidrogeno(trioxidofosfato)(1-)
HPO_3^{2-}	hidrogenofosfito	hidrogeno(trioxidofosfato)(2-)
H_2PO_3^-	dihidrogenofosfito	dihidrogeno(trioxidofosfato)(1-)
HPO_3^{2-}	hidrogenofosfito	hidrogeno(trioxidofosfato)(2-)
HSO_4^-	hidrogenosulfato	hidrogeno(tetraoxidosulfato)(1-)
HSO_3^-	hidrogenosulfito	hidrogeno(trioxidosulfato)(1-)

La definición estricta de la *nomenclatura de hidrógeno* impone los siguientes requerimientos:

- (1) que 'hidrogeno' esté unido al resto del nombre,
- (2) que se *tiene que* especificar el número de hidrógenos por medio de un prefijo multiplicador,

- (3) que se coloque la parte aniónica entre signos de inclusión,
(4) que se especifique la carga neta de la estructura que se va a nombrar.

La nomenclatura de hidrógeno puede usarse también para iones y compuestos moleculares sin problemas de tautomería, si se desea enfatizar que la estructura tiene hidrones unidos al anión en cuestión:

Ejemplos:

HMnO_4	hidrogeno(tetraoxidomanganato)
H_2MnO_4	dihidrogeno(tetraoxidomanganato)
H_2CrO_4	dihidrogeno(tetraoxidocromato)
HCrO_4^-	hidrogeno(tetraoxidocromato)(1-)
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	dihidrogeno(heptaoxidodicromato)
H_2O_2	dihidrogeno(peróxido)
HO_2^-	hidrogeno(peróxido)(1-)
H_2S	dihidrogeno(sulfuro)

Obsérvese la diferencia entre éstos y los *nombres de composición* como 'peróxido de hidrógeno' para H_2O_2 y 'sulfuro de hidrógeno' para H_2S (en los que se halla la preposición 'de' entre los componentes electronegativo y electropositivo del nombre).

6. NOMBRES DE REEMPLAZO FUNCIONAL DE DERIVADOS DE OXOÁCIDOS

En la nomenclatura de reemplazo funcional, la sustitución de grupos $=\text{O}$ u $-\text{OH}$ en oxoácidos progenitores (tales como $\text{O} \rightarrow \text{S}$, $\text{O} \rightarrow \text{OO}$, $\text{OH} \rightarrow \text{Cl}$, etc.) se indica mediante el uso de infijos o prefijos (Tabla 9).

Tabla 9. Uso de prefijos e infijos.

Operación de reemplazo	Prefijo	Infijo
$\text{OH} \rightarrow \text{NH}_2$	amid(o)	amid(o)
$\text{O} \rightarrow \text{OO}$	peroxi	peroxo
$\text{O} \rightarrow \text{S}$	tio	tio
$\text{O} \rightarrow \text{Se}$	seleno	seleno
$\text{O} \rightarrow \text{Te}$	teluro	teluro
$\text{OH} \rightarrow \text{F}$	fluoro	fluorur(o)
$\text{OH} \rightarrow \text{Cl}$	cloro	clorur(o)
$\text{OH} \rightarrow \text{Br}$	bromo	bromur(o)
$\text{OH} \rightarrow \text{I}$	yodo	yodur(o)
$\text{OH} \rightarrow \text{CN}$	ciano	cianur(o)

Los nombres de reemplazo funcional pueden, evidentemente, usarse para nombrar los derivados de los ácidos progenitores. Sin embargo, ello equivale a introducir un sistema adicional innecesario en la nomenclatura inorgánica y siempre se pueden usar las nomenclaturas de adición y de sustitución. No obstante, la IUPAC admite el nombre de varias especies inorgánicas que se pueden considerar derivadas de oxoácidos u oxoaniones mediante operaciones de reemplazo. Sus nombres vulgares derivan de ellas por el método de los prefijos arriba citados. A modo de ejemplo se incluye una tabla resumida con los nombres vulgares aceptados, nombres de reem-

plazo funcional y nombres sistemáticos (de adición) de algunos compuestos. Las fórmulas se dan en el formato clásico y también como entidades de coordinación (Tabla 10).

Tabla 10. Fórmulas y nombres de derivados de oxoácidos.

Fórmula	Nombre vulgar aceptado funcional o de clase funcional	Nombre de reemplazo	Nombre sistemático
$\text{HNO}_4 = [\text{NO}_2(\text{OOH})]$	ácido peroxinitrico	ácido peroxinitrico	(dioxidanuro)dioxidonitrógeno
$\text{NO}_4^- = [\text{NO}_2(\text{OO})]^-$	peroxinitrato	peroxinitrato	dioxidoperoxidonitrato(1-)
$\text{NO}_2\text{NH}_2 = [\text{N}(\text{NH}_2)\text{O}_2]$	nitramida	amida nítrica	amidodioxidonitrógeno
$\text{NOCl} = [\text{NClO}]$	cloruro de nitrosilo	cloruro de nitrosilo	clorurooxidonitrógeno
$[\text{PO}_5]^{3-} = [\text{PO}_3(\text{OO})]^{3-}$	peroxifosfato	fosforoperoxoato	trioxidoperoxidofosfato(3-)
$\text{POCl}_3 = [\text{PCl}_3\text{O}]$	tricloruro de fosforilo,	tricloruro de fosforilo	triclorurooxidofósforo
$\text{H}_2\text{SO}_5 = [\text{SO}_2(\text{OH})(\text{OOH})]$	ácido peroxisulfúrico	ácido sulfuroperoxóico	(dioxidanuro)hidroxidodioxidoazufre
$[\text{SO}_5]^{2-} = [\text{SO}_3(\text{OO})]^{2-}$	peroxisulfato	sulfuroperoxoato	trioxidoperoxidosulfato(2-)
$[\text{S}_2\text{O}_8]^{2-} = [\text{O}_3\text{SOOSO}_3]^{2-}$	peroxidisulfato	2-peroxidisulfato	μ -peróxido-bis(trioxidosulfato)(2-)
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 = [\text{SO}(\text{OH})_2\text{S}]$	ácido tiosulfúrico	O-ácido sulfurotióico	dihidroxidooxidosulfuroazufre
$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = [\text{SO}_3\text{S}]^{2-}$	tiosulfato	sulfurotioato	trioxidosulfurosulfato(2-)
$[\text{SO}_2\text{S}]^{2-}$	tiosulfito	sulfurotioito	dioxidosulfurosulfato(2-)
$\text{SO}_2\text{Cl}_2 = [\text{SCl}_2\text{O}_2]$	dicloruro de sulfurilo,	dicloruro de sulfurilo	diclorurodioxidoazufre
$\text{SOCl}_2 = [\text{SCl}_2\text{O}]$	cloruro de tionilo	dicloruro sulfuroso	diclorurooxidoazufre
$[\text{S}(\text{NH}_2)\text{O}_2(\text{OH})]$	ácido sulfámico	ácido sulfuramídico	amidohidroxidodioxidoazufre
$[\text{S}(\text{NH}_2)_2\text{O}_2]$	diamida sulfúrica	diamida sulfúrica	diamidodioxidoazufre
$\text{HSCN} = [\text{C}(\text{N})(\text{SH})]$	ácido tiocianico		nitrurosulfanurocarbono
SCN^-	tiocianato		nitrurosulfurocarbonato(1-)

Compuestos ternarios, sales dobles y compuestos de adición

Al disponer de los nombres vulgares, de sustitución y de adición de iones heteroatómicos o de compuestos neutros y de sus fórmulas, la nomenclatura de compuestos diferentes de los binarios es relativamente sencilla mediante los nombres de composición y si se tiene en cuenta que la nomenclatura tiene una base binaria. Entre los compuestos del título se encuentran clases de compuestos como hidróxidos, óxidos o peróxidos, que se tratan en ocasiones separadamente, sales de oxoaniones u oxianiones ácidos o compuestos que contienen cationes heteropoliatómicos.

Los compuestos inorgánicos, en general, pueden ser combinaciones de cationes, aniones y especies neutras. Por convenio, el nombre de un compuesto está formado por los nombres de las especies que lo componen en el siguiente orden: los aniones preceden a los cationes y los componentes neutros van al final. El número de cada entidad presente se tiene que especificar con el fin de reflejar la composición del compuesto. Con este propósito, los prefijos multiplicadores se añaden al nombre de cada especie. Los prefijos a usar con los nombres de entidades sencillas son 'di', 'tri', 'tetra', etc., o 'bis()', 'tris()', 'tetrakis()', etc., para el caso de especies que ellas mismas contienen prefijos multiplicadores o localizadores (Tabla 11). También hay que tener cuidado en las situaciones en las que un prefijo multiplicador simple puede ser ma-

linterpretado, p. ej., tris(yoduro) tiene que usarse para 3I^- en lugar de triyoduro (que se usa para I_3^-) y bis(fosfato) en lugar de difosfato (que se usa para $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$).

Tabla 11. Nombres de composición.

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
NaOH	hidróxido de sodio	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	bis(fosfato) de tricalcio
NH_4Br	bromuro de amonio	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$	difosfato de dicalcio
BaO_2	peróxido de bario o dióxido(2-) de bario	KHSO_4	hidrogenosulfato de potasio o hidroxidotrioxidosulfato(1 $\frac{1}{2}$) de potasio
NH_4NO_3	nitrato de amonio	$\text{Na}(\text{HS})$	hidrogeno(sulfuro) de sodio

En las fórmulas de las sales y sales dobles, los cationes preceden a los aniones. En los nombres se citan al contrario, es decir, los nombres de los aniones preceden a los de los cationes. Dentro de cada uno de estos grupos el orden es el alfabético. Obsérvese que este orden de componentes puede diferir del orden de los correspondientes componentes en la fórmula.

Ejemplos:

KMgF_3 fluoruro de **m**agnesio y **p**otasio
 BiClO cloruro **ó**xido de bismuto
 $\text{ZnI}(\text{OH})$ hidróxido **y**oduro de cinc
 SrFeO_3 trióxido de **e**stroncio y **h**ierro

En las fórmulas de los compuestos de adición, o de los compuestos que pueden ser considerados formalmente como tales, las fórmulas de las entidades o moléculas componentes se citan en el orden creciente de su número; si se encontrasen en igual número, se citarán en orden alfanumérico según el orden de los símbolos atómicos y de sus subíndices. En compuestos de adición que contienen agua, ésta se cita convencionalmente la última.

Ejemplos:

$3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sulfato de cadmio—agua (3/8)
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ carbonato de sodio decahidrato
 $\text{BF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ trifluoruro de boro—agua (1/2)
 $8\text{H}_2\text{S} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ sulfuro de hidrógeno—agua (8/46)

Los nombres de cada uno de los componentes individuales de un compuesto de adición generalizado se construyen mediante el sistema de nomenclatura apropiado, ya sea de composición, de sustitución o de adición. El nombre completo del compuesto se forma conectando los nombres de los componentes con guiones extra-largos ('em'); las proporciones de los componentes se indican después del nombre por medio de un descriptor estequiométrico que está formado por números arábigos separados por una barra o barras. El descriptor, que se coloca entre paréntesis, está separado del nombre del compuesto por un espacio. En el caso especial de los hidratos, los prefijos multiplicadores pueden ser usados con el término 'hidrato'.

Ejemplos:

$\text{BH}_3 \cdot \text{NH}_3$	amoniaco—borano (1/1)
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	sulfato de magnesio heptahidrato
$\text{CdSO}_4 \cdot 6\text{NH}_3$	sulfato de cadmio—amoniaco (1/6)
$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	bis(sulfato) de aluminio y potasio—agua (1/12)
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (1/1/24)	tris(sulfato) de dialuminio—sulfato de dipotasio—agua

7. BIBLIOGRAFÍA

- 1 M. Á. Ciriano y P. Román, *Guía breve para la nomenclatura de química inorgánica*, traducción de la versión inglesa de la IUPAC. Disponible en inglés y castellano : bit.ly/1M76uop.
- 2 N. G. Connelly, T. Damhus, R. M. Hartshorn y A. T. Hutton (Eds.), *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2005. Versión en castellano: Ciriano, M.A.; Román, P. *Prensas Universitarias de Zaragoza*, 2007. ISBN 978-84-7733-905-2.
- 3 C. Pico, I. Álvarez Serrano, M. L. López, M. L. Veiga, M. A. Arillo y P. Martín. *Química e Industria* **2014** (609) 34–41.