







# Nomenclatura química y normas de la IUPAC en español

Efraím Reyes Martín

Profesor Titular de Química Orgánica  
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Pascual Román Polo

Catedrático jubilado de Química Inorgánica  
Universidad del País Vasco (UPV/EHU)



INTERNATIONAL UNION OF  
PURE AND APPLIED CHEMISTRY



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**



© Logroño, 2022, Los autores. Publicado por la Universidad de La Rioja. Este trabajo se distribuye bajo una licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Los autores, 2022

© Universidad de La Rioja, 2022

[publicaciones.unirioja.es](http://publicaciones.unirioja.es)

Edita: Universidad de La Rioja

Diseño de cubierta: Raquel Torralba

Realización de cubierta: Servicio de Relaciones Institucionales y Comunicación de la Universidad de La Rioja

ISBN 978-84-09-45313-9 (rústica)

ISBN 978-84-09-45312-2 (pdf)

Depósito legal: LR 1156-2022

Imprime: ABZ Impresores

Impreso en España - Printed in Spain



—Señor caballero —replicó el mercader—, suplico a vuestra merced en nombre de todos estos príncipes que aquí estamos que, porque no encarguemos nuestras conciencias confesando una cosa por nosotros jamás vista ni oída, y más siendo tan en perjuicio de las emperatrices y reinas del Alcarria y Estremadura, que vuestra merced sea servido de mostrarnos algún retrato de esa señora, aunque sea tamaño como un grano de trigo; que por el hilo se sacará el ovillo y quedaremos con esto satisfechos y seguros, y vuestra merced quedará contento y pagado; y aun creo que estamos ya tan de su parte, que, aunque su retrato nos muestre que es tuerta de un ojo y que del otro le mana **bermellón** y piedra **azufre**, con todo eso, por complacer a vuestra merced, diremos en su favor todo lo que quisiere.

—No le mana, canalla infame —respondió don Quijote encendido en cólera—, no le mana, digo, eso que decís, sino **ámbar** y **algalia** entre algodones; y no es tuerta ni corcovada, sino más derecha que un huso de Guadarrama. Pero vosotros pagaréis la grande blasfemia que habéis dicho contra tamaña beldad como es la de mi señora.

El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha (1605), Miguel de Cervantes

**Bermellón:** Polvo muy fino de cinabrio, de color rojo vivo con un tono anaranjado.

**Azufre:** Elemento químico, de número atómico 16, peso atómico 32,064 y símbolo S

**Ámbar** (gris): Sustancia que se encuentra en las vísceras del cachalote, sólida, opaca, de color gris con vetas amarillas y negras, de olor almizcleño, usada en perfumería.

**Algalia:** Sustancia pegajosa, de olor fuerte y sabor acre que se emplea en perfumería.





# Índice

Prólogo	6
Introducción	10
Tabla periódica de los elementos químicos de la IUPAC	14
Tabla periódica de los elementos e isótopos de la IUPAC	16
Guía breve para la nomenclatura en química inorgánica	18
Guía breve para la nomenclatura en química orgánica	24
Guía breve para la nomenclatura de polímeros	30
Una guía breve de terminología en polimerizaciones	34
Un resumen conciso de magnitudes, unidades y símbolos en química física	38
Un resumen conciso del Sistema Internacional de Unidades, SI	44
Alfabeto griego	50



# Prólogo

La lengua nos une, nos identifica y nos conforma. Es un regalo que nos hacen nuestros padres cuando nos enseñan las primeras palabras. De ellos heredamos el acento y expresiones que nos conectan íntimamente con los nuestros y nos distinguen como miembros de una comunidad.

La ciencia también tiene su propio idioma, una lengua universal gracias a la que reconocemos una multiplicación, la famosa ecuación de Einstein o la fórmula del agua. La construcción del lenguaje de la ciencia ha sido uno de los grandes logros de la humanidad, ya que ha hecho posible que científicos de todo el mundo se comuniquen en un mismo idioma y que podamos expresar conceptos complejos que no pueden capturarse con palabras. Gracias a esta lengua, a la vez rigurosa y simbólica, podemos pensar más alto y más profundo y, de esta forma, superar las limitaciones del vocabulario impreciso que utilizamos para desenvolvemos en nuestra vida cotidiana. Sin este sistema universalmente aceptado para nombrar y representar todo tipo de conceptos complejos no habiéramos podido desarrollar las tecnologías que utilizamos a diario.

La ciencia sin un lenguaje común es como una orquesta que toca sin partitura. Por eso resulta sorprendente que, en el caso de la química, tuviéramos que esperar hasta comienzos del siglo XX para disponer de una lengua común. Durante la mayor parte de la historia de la química, los profesionales de esta ciencia utilizaban expresiones caprichosas y oscuras para referirse a una misma sustancia. Precisamente para solventar este problema, nació la Unión de Química Pura y Aplicada (IUPAC) en 1919. Algunos de los mejores científicos de principios del siglo XX trabajaron durante décadas para crear un sistema con el que nombrar todo tipo de sustancias de forma clara, sistemática y consensuada. Con su esfuerzo resolvieron un problema que había lastrado el avance de la química durante siglos. Cien años después, hoy tenemos un sistema de



nomenclatura, representación y terminología globalmente aceptado, que nos permite comunicar, pensar e imaginar ideas a nivel molecular y hacerlas realidad en una industria que produce todo tipo de bienes.

El idioma de la química está en multitud de productos y objetos que utilizamos diariamente. Lo encontramos en la fórmula de un nuevo medicamento, en la composición de un detergente, en la receta de una bebida e incluso en los análisis de sangre que nos indican cómo andan nuestros niveles de hierro, glucosa o hemoglobina. Y es que la lengua de la química es el idioma de las cosas. Gracias a unas reglas sencillas y racionales que nos hemos dado, hoy podemos nombrar cualquier sustancia, no importa lo compleja que ésta sea. Además, es fácil representarla de modo que podemos comunicarnos sin problemas con científicos de cualquier parte del mundo.

Actualmente existen más de 200 millones de sustancias químicas registradas y cada día se añaden miles de compuestos nuevos a esta lista. Esta actividad fecunda y creativa requiere de una labor constante para que podamos nombrar y representar estructuras cada vez más complejas. En la IUPAC trabajamos para estar a la altura de la creatividad de los químicos. Continuamente revisamos y adaptamos, si es necesario, las reglas que nos permiten dar nombre a cualquier molécula, sustancia o material. Además, llevamos a cabo una importante labor educativa para facilitar el aprendizaje del idioma de la química. Recientemente, hemos publicado una serie de guías breves en las que se recogen su vocabulario y su gramática, se explican las reglas que nos permiten dar nombre a cualquier sustancia y se incluyen algunos ejemplos para facilitar su comprensión.

Pero para que cualquier persona pueda aprender la lengua de la química, sus normas deben estar disponibles en cualquier idioma; y éste es precisamente el objetivo de este libro. En él se reúnen las normas de la IUPAC traducidas al español por los profesores Efraím Reyes y Pascual Román. Gracias a su trabajo, estudiantes de habla hispana de todo el mundo podrán aprender fácilmente las guías breves que la IUPAC ha publicado en los últimos años.

Para hacer posible una ciencia en español es necesario disponer de los textos fundamentales de la ciencia traducidos a nuestro idioma de forma clara y precisa. Ésta



es la primera vez que las normas de nomenclatura, representación y terminología química están disponibles en español en una sola obra y, lo que es más sobresaliente, este libro ha sido revisado y aprobado por los expertos de la IUPAC, de manera que constituye una garantía y una herramienta segura para la enseñanza de la química en español.

Con su trabajo, los profesores Efraím Reyes y Pascual Román contribuyen a que la ciencia se hable también en español. Por eso quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer su esfuerzo y el rigor y la atención a los detalles con los que han llevado a cabo la traducción, revisión y corrección de este libro. Estoy seguro de que su trabajo se verá recompensado con un uso más preciso y frecuente del idioma químico en español.

No podríamos haber encontrado un mejor compañero de viaje para la edición, publicación y difusión de esta obra que el Vicerrectorado de Investigación e Internacionalización y el Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Rioja. Tanto sus profesionales como sus coordinadores, se volcaron tan pronto como les comentamos el proyecto.

La Rioja es, además, el lugar natural para un proyecto que pretende dar a conocer y promover el uso de la lengua de la química en español, ya que allí se escribieron las primeras palabras en español y en su capital nacieron los hermanos Juan José y Fausto Delhuyar, que aislaron por primera vez el wolframio (W). La apuesta de La Rioja por el español se canaliza a través del proyecto Valle de la Lengua que aprovecha el ecosistema de generación de oportunidades en torno a los monasterios de Suso y Yuso de San Millán de la Cogolla, Patrimonio de la Humanidad y cuna del español. La Rioja acogerá el Observatorio Global del Español, uno de los proyectos tractores y transversales del PERTE Nueva Economía de la Lengua. Además, cuenta con Dialnet, la mayor base de datos de artículos científicos en español. Este repositorio multisoporte nació en 2001 para impulsar, dar visibilidad y hacer más accesible el conocimiento científico en español. Todos estos recursos serán especialmente útiles para dar mayor difusión a esta obra, tanto en papel como en formato digital, especialmente en Hispanoamérica. Por todo ello quiero dar las gracias a la Universidad, al Gobierno de La Rioja y a la Fundación Dialnet por su apoyo entusiasta a este proyecto.



Este libro ha sido posible gracias al esfuerzo de muchas personas que han dedicado parte de su vida a crear normas para nombrar cualquier sustancia. No ha sido una tarea fácil; ha requerido de un conocimiento profundo de la materia y de años de trabajo. Estas reglas te pueden parecer caprichosas o difíciles de recordar, pero son el resultado de décadas de revisión, reflexión y consenso. Además, y gracias al esfuerzo de los profesores Efraím Reyes y Pascual Román, están en un español riguroso, claro y eficaz. Espero que este libro te resulte útil, tanto si te dispones a aprender este nuevo idioma como si vas a utilizarlo para enseñárselo a otros.

Javier García Martínez

Presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

# Introducción



El Gobierno de España aprobó en marzo de 2022 el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PERTE) Nueva Economía de la Lengua para impulsar al español como un activo estratégico en el ámbito de una nueva economía de la lengua. El PERTE consta de seis principios, cinco ejes y una alianza dentro del Plan de Recuperación. Para su logro se establecen varios proyectos tractores, un presupuesto de inversiones y la gobernanza.

El presente trabajo “Nomenclatura química y normas de la IUPAC en español” se incardina dentro de este PERTE en el eje sectorial “La ciencia en español” y en el proyecto tractor 7 “Divulgación nacional e internacional de la ciencia en español”.

Desde 2007, año en que se tradujo al español *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*, nos percatamos de que había que hacer un



esfuerzo para acercar a los estudiantes universitarios y preuniversitarios, a sus profesores y a los profesionales interesados el lenguaje de la Química -en este caso de la Química Inorgánica- aprovechando los textos de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés), que publica en lengua inglesa. Esta traducción al español fue la primera versión que se tradujo del original en inglés *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005*. El jurado de la XI edición de los Premios Nacionales de Edición Universitaria, que convoca anualmente la UNE (Unión de Editoriales Universitarias Españolas), en su reunión celebrada el 17 de julio de 2008 en Madrid, concedió el Premio a la Mejor Traducción a Prensas Universitarias de Zaragoza (PUZ) por la obra *Nomenclatura de Química Inorgánica. Recomendaciones de la IUPAC de 2005*, traducida por Miguel Ángel Ciriano y Pascual Román Polo. Los autores de la traducción recogieron tan preciado galardón el 8 de octubre de 2008, en el marco del Liber 2008, la Feria Internacional del Libro, que se celebró en Barcelona.

Cuando la IUPAC publicó en 2015 una versión abreviada de cuatro páginas bajo el título *Brief Guide to the Nomenclature of Inorganic Chemistry*, Ciriano y Román, ese mismo año, tradujeron al español esta guía con el título *Guía Breve para la Nomenclatura de Química Inorgánica* que se divulgó a través de las páginas web de la IUPAC, la RSEQ (Real Sociedad Española de Química) y de otras organizaciones químicas con el fin de darle la mayor difusión tanto a nivel nacional como internacional.

En mayo de 2016, un grupo de profesores de bachillerato y universitarios, coordinados por Pascual Román Polo, elaboró la publicación *Resumen de las normas IUPAC 2005 de nomenclatura de Química Inorgánica para su uso en enseñanza secundaria y recomendaciones didácticas*. Esta publicación se incluyó en la web de la RSEQ para su mejor divulgación entre estudiantes y profesores de enseñanza secundaria, tanto en España como en Latinoamérica, y ha tenido un gran éxito por el número de consultas y descargas del documento.

El 28 de noviembre de 2016, la IUPAC publicó la tabla periódica de los 118 elementos químicos conocidos y aceptados con sus nombres y símbolos en inglés. En el informe realizado por el grupo de trabajo sobre terminología química de la RSEQ se recomendaba traducir al español los nombres de los elementos químicos de números



atómicos 113, 115, 117 y 118 adoptados definitivamente por la IUPAC como nihonio (Nh), moscovio (Mc), tennesso (Ts) y oganesson (Og), respectivamente. Al entrar en conflicto con las propuestas de la Real Academia de la Lengua (RAE), la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RAC) y la Fundéu BBVA, se decidió convocar el 1 de febrero de 2017 una reunión con representantes de todas estas instituciones para adoptar un criterio único para nombrar los 118 elementos químicos de la tabla periódica. De modo que, los cuatro nuevos elementos de números atómicos 113 (nihonio, Nh), 115 (moscovio, Mc), 117 (teneso, Ts) y 118 (oganesón, Og) se llamaron definitivamente con el nombre que aparece dentro del paréntesis. También se establecieron normas para los restantes elementos conocidos y los que se descubran en el futuro.

Los autores del presente proyecto tienen la intención de colaborar en la divulgación de los nombres de los elementos químicos y los términos químicos más usuales en español entre estudiantes, profesores y estudiosos amantes de la química con el objetivo de comprender mejor esta ciencia. Tras el prólogo de Javier García Martínez, presidente de la IUPAC, se presenta la introducción de esta obra.

En los dos primeros documentos se presentan la tabla periódica de los elementos químicos y la de los isótopos de la IUPAC en sus versiones más actualizadas. Los tres siguientes recogen las guías breves de la IUPAC para la nomenclatura en Química Inorgánica (Libro Rojo), Química Orgánica (Libro Azul), Polímeros (Libro Morado) y Polimerizaciones. Un resumen conciso de las magnitudes, unidades y símbolos en Química Física (Libro Verde) se muestra en el documento siguiente, el cual data de 2011.

En 2018, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, (BIPM, por sus siglas en francés) en su 26ª Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM, por sus siglas en francés) estableció la versión definitiva del Sistema Internacional de Unidades (SI) basada en los valores numéricos fijos de un conjunto de siete constantes definitorias a partir de las cuales se deducirían las definiciones de las siete unidades base del SI. Por esta razón, se ha introducido un nuevo documento en el que se presenta un resumen conciso del Sistema Internacional de Unidades, SI, de la BIMP. Se ha considerado



pertinente facilitar a estudiantes, profesores y estudiosos de la química el alfabeto griego, muy utilizado en formulación, nomenclatura química y magnitudes.

Nuestro más sincero agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación e Internacionalización y al Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Rioja por la edición, publicación y difusión de esta obra. Un agradecimiento muy especial a todas las personas que se han implicado en este proyecto.

Efraím Reyes Martín

Pascual Román Polo



## **Tabla periódica de los elementos químicos de la IUPAC**

Versión en español de septiembre de 2022

# Tabla Periódica de los Elementos de la IUPAC

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	H	3	Li	4	Be	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
hidrógeno	1,0080 ± 0,0002	litio	6,94 ± 0,006	berilio	9,0122 ± 0,0001	escandio	44,956 ± 0,001	titanio	47,867 ± 0,001	vanadio	50,942 ± 0,001	cromo	51,996 ± 0,001	manganeso	54,938 ± 0,001	hierro	55,845 ± 0,002	cobalto	58,933 ± 0,001	níquel	58,693 ± 0,001	cobre	63,546 ± 0,003	zinc	65,38 ± 0,02	galio	69,723 ± 0,001	germanio	72,630 ± 0,008	arsénico	74,922 ± 0,001	selenio	78,971 ± 0,008	bromo	79,904 ± 0,003	kriptón	83,798 ± 0,002																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	He	10	Ne	11	Na	12	Mg	19	K	20	Ca	37	Rb	38	Sr	55	Cs	56	Ba	57-71	lanthanoides	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
helio	4,0026 ± 0,0001	neón	20,180 ± 0,001	sodio	22,990 ± 0,001	magnesio	24,305 ± 0,002	potasio	39,098 ± 0,001	calcio	40,078 ± 0,004	rubidio	85,468 ± 0,001	estroncio	87,62 ± 0,01	cesio	132,91 ± 0,01	bario	137,33 ± 0,01	actinoides	89-103	rutherfordio	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
hidrógeno	1,0080 ± 0,0001	neón	20,180 ± 0,001	sodio	22,990 ± 0,001	magnesio	24,305 ± 0,002	potasio	39,098 ± 0,001	calcio	40,078 ± 0,004	rubidio	85,468 ± 0,001	estroncio	87,62 ± 0,01	cesio	132,91 ± 0,01	bario	137,33 ± 0,01	actinoides	89-103	rutherfordio	104	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500

Clave:

número atómico  
**Símbolo**  
nombre  
peso atómico  
estándar abreviado

57	La	lanatano	138,91 ± 0,01	58	Ce	cerio	140,12 ± 0,01	59	Pr	praseodimio	140,91 ± 0,01	60	Nd	neodimio	144,24 ± 0,01	61	Pm	prometio	[145]	62	Sm	samario	150,36 ± 0,02	63	Eu	europio	151,96 ± 0,01	64	Gd	gadolinio	157,25 ± 0,03	65	Tb	terbio	158,93 ± 0,01	66	Dy	disprosio	162,50 ± 0,01	67	Ho	holmio	164,93 ± 0,01	68	Er	erbio	167,26 ± 0,01	69	Tm	tulio	168,93 ± 0,01	70	Yb	iterbio	173,05 ± 0,02	71	Lu	lutecio	174,97 ± 0,01
89	Ac	actinio	227	90	Th	torio	232,04 ± 0,01	91	Pa	protactinio	231,04 ± 0,01	92	U	uranio	238,03 ± 0,01	93	Np	neptunio	[237]	94	Pu	plutonio	[244]	95	Am	americio	[243]	96	Cm	curio	[247]	97	Bk	berkelio	[247]	98	Cf	californio	[251]	99	Es	einsteinio	[252]	100	Fm	fermio	[257]	101	Md	mendelevio	[258]	102	No	nobelio	[259]	103	Lr	lawrencio	[262]



UNIÓN INTERNACIONAL  
DE QUÍMICA PURA Y APLICADA



## **Tabla periódica de los elementos e isótopos de la IUPAC**

Versión en español de septiembre de 2022





## **Guía breve para la nomenclatura en Química Inorgánica**

Versión en español de julio de 2022



# Guía Breve para la Nomenclatura en Química Inorgánica

R. M. Hartshorn (Nueva Zelanda),\* K.-H. Hellwich (Alemania), A. Yerin (Rusia), T. Damhus (Dinamarca), A. T. Hutton (Sudáfrica). \*C/e: [inorganic.nomenclature@iupac.org](mailto:inorganic.nomenclature@iupac.org), Patrocinado por: División de Nomenclatura Química y Representación Estructural de la IUPAC.

Traducido y adaptado por: Miguel A. Ciriano (España), Efraim Reyes (España),<sup>‡</sup> Pascual Román Polo (España). <sup>‡</sup>C/e: [efraim.reyes@ehu.es](mailto:efraim.reyes@ehu.es).

## INTRODUCCIÓN

La adopción universal de una nomenclatura química consensuada es una herramienta clave para la comunicación eficiente en las ciencias químicas, para la búsqueda con ordenadores en bases de datos y con fines regulatorios, tales como los asociados a la salud y la seguridad o a la actividad comercial. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés) ofrece recomendaciones sobre la naturaleza y el uso de la nomenclatura química.<sup>1</sup> Los fundamentos de esta nomenclatura se muestran aquí y en los documentos complementarios sobre los sistemas de nomenclatura de **química orgánica**<sup>2</sup> y **polímeros**,<sup>3</sup> con hipervínculos a los documentos originales. Un resumen general de la nomenclatura química se puede encontrar en *Principles of Chemical Nomenclature*.<sup>4</sup> Detalles mayores se pueden hallar en *Nomenclature of Inorganic Chemistry* coloquialmente conocido como el Libro Rojo,<sup>5</sup> y en las publicaciones relacionadas con **compuestos orgánicos** (el Libro Azul)<sup>6</sup> y **polímeros** (el Libro Púrpura).<sup>7</sup> Cabe señalar que muchos compuestos pueden tener nombres no-sistemáticos o semi-sistemáticos (algunos de los cuales no son aceptados por la IUPAC, por ejemplo, porque son ambiguos) y las reglas IUPAC permiten dar más de un nombre sistemático a un compuesto en muchos casos. La IUPAC está trabajando en la identificación de los nombres individuales preferidos a efectos de regulación (*Preferred IUPAC Names* o PINs). *Nota:* En este documento, el símbolo ‘=’ se utiliza para dividir los nombres que resultan ser demasiado largos para el formato de la columna, a menos que ya haya un guión presente en el nombre.

Los límites entre compuestos ‘orgánicos’ e ‘inorgánicos’ son difusos. Los tipos de nomenclatura descritos en este documento son aplicables a los compuestos, moléculas e iones que no contienen carbono y también a muchas estructuras que contienen carbono (Sección 2), principalmente los que contienen elementos de los grupos 1–12. La mayoría de los compuestos de boro se tratan mediante una nomenclatura especial.<sup>8</sup>

## 1 NOMBRES ESTEQUIOMÉTRICOS O DE COMPOSICIÓN

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.

Para las **especies homoatómicas**, donde únicamente hay un elemento, el nombre se forma (Tabla 1) combinando el nombre del elemento con el **prefijo multiplicador** pertinente (Tabla 2). Los iones se nombran añadiendo los números de carga entre paréntesis, p. ej., (1+), (3+), (2–) y para (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’.<sup>9</sup> Las excepciones incluyen el cinc, el oxígeno y los elementos del grupo 18 que acaban en ‘on’, donde la terminación ‘uro’ se añade a los nombres de los elementos. Para algunos elementos (p. ej., S, Fe, Ag, Au) se usa la raíz del nombre en latín antepuesta a la terminación ‘uro’ (cf. Sección 2.3).<sup>9</sup> Algunos iones pueden tener nombres tradicionales aceptables (que se usan sin números de carga).

Se permite la publicación de este documento por cualquier medio bajo la condición de que sea completo e inalterado. Copyright de la versión inglesa © IUPAC & De Gruyter 2015. Publicado en *Pure Appl. Chem.* **87**, 1039–1049 (2015).

<sup>1</sup> Disponible gratuitamente (en versión inglesa) en:

(a) <http://www.degruyter.com/pac/>; (b) <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>

<sup>2</sup> K.-H. Hellwich, R. M. Hartshorn, A. Yerin, T. Damhus, A. T. Hutton, Brief Guide to the Nomenclature of Organic Chemistry, *Pure Appl. Chem.*, en preparación.

<sup>3</sup> R. C. Hiorns, R. J. Boucher, R. Duhlev, K.-H. Hellwich, P. Hodge, A. D. Jenkins, R. G. Jones, J. Kahovec, G. Moad, C. K. Ober, D. W. Smith, R. F. T. Stepto, J.-P. Vairon, J. Vohlidal, *Pure Appl. Chem.* **84**(10), 2167–2169 (2012).

<sup>4</sup> *Principles of Chemical Nomenclature – A Guide to IUPAC Recommendations*, 2011 Edition, G. J. Leigh (Ed.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-1-84973-007-5.

<sup>5</sup> *Nomenclature of Inorganic Chemistry – IUPAC Recommendations* 2005, N. G. Connelly, T. Damhus, R. M. Hartshorn, A. T. Hutton (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 0-85404-438-8.

<sup>6</sup> *Nomenclature of Organic Chemistry – IUPAC Recommendations and Preferred Names* 2013, H. A. Favre, W. H. Powell (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-182-4.

<sup>7</sup> *Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature – IUPAC Recommendations* 2008, R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Kitayama, W. V. Metzomski (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-491-7.

Tabla 1. Ejemplos de especies homoatómicas

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
O <sub>2</sub>	dioxígeno	Cl <sup>-</sup>	cloruro(1–) o cloruro
S <sub>8</sub>	octaazufre	I <sub>3</sub> <sup>-</sup>	triyoduro(1–)
Na <sup>+</sup>	sodio(1+)	O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	dióxido(2–) o peróxido
Fe <sup>3+</sup>	hierro(3+)	N <sub>3</sub> <sup>-</sup>	trinitruro(1–) o azida

Tabla 2. 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

Los **compuestos binarios** (los que contienen átomos de dos elementos) se nombran estequiométricamente combinando los nombres de los elementos y escribiendo, por convenio, el elemento al que se llega primero cuando se sigue la flecha de la secuencia de los elementos (Figura 1) 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’ (Tabla 3).

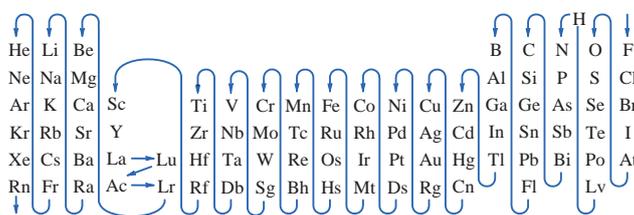


Figura 1. Secuencia de los elementos.

Tabla 3. Ejemplos de compuestos binarios

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
GaAs	arsenuro de galio	FeCl <sub>2</sub>	dicloruro de hierro o cloruro de hierro(II)
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono	FeCl <sub>3</sub>	tricloruro de hierro o cloruro de hierro(III)
CaF <sub>2</sub>	difluoruro de calcio o fluoruro de calcio	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	dióxido de dihidrógeno o peróxido de hidrógeno

De nuevo, los prefijos multiplicadores (Tabla 2) se aplican cuando sea necesario, y se pueden usar nombres alternativos aceptables.<sup>10</sup> La estequiometría puede deducirse en algunos casos mediante los números de oxidación, o puede estar completamente implícita cuando no existe ninguna duda, como en el fluoruro de calcio.

Generalmente, las **especies heteropoliatómicas** pueden nombrarse de manera similar usando la nomenclatura de composición, pero, a menudo, se utiliza la nomenclatura de sustitución<sup>11</sup> o la de adición (Sección 2). En este último caso, también se proporciona información sobre la manera en que los átomos están conectados. Por ejemplo, POCl<sub>3</sub> (o PCl<sub>3</sub>O, nombre de composición: tricloruro óxido de fósforo) recibe un nombre de adición en la Tabla 10. Ciertos iones tienen nombres tradicionales cortos, que se utilizan comúnmente y se aceptan todavía (p. ej., amonio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; hidróxido, OH<sup>-</sup>; nitrito, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; fosfato, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; difosfato, P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup>).

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: los aniones preceden a los cationes y los componentes neutros van al final (Véanse ejemplos en la Tabla 4).

Tabla 4. Uso de los prefijos multiplicadores en los nombres de composición

Fórmula	Nombre
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	bis(fosfato) de tricalcio
Ca <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	difosfato de dicalcio
BaO <sub>2</sub>	dióxido(2–) de bario(2+) o peróxido de bario
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	sulfato de magnesio heptahidratado
CdSO <sub>4</sub> ·6NH <sub>3</sub>	sulfato de cadmio—amoniacado (1/6)
AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	bis(sulfato) de aluminio y potasio—agua (1/12) o bis(sulfato) de aluminio y potasio dodecahidratado
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·24H <sub>2</sub> O	tris(sulfato) de dialuminio—sulfato de dipotasio—agua (1/1/24)

<sup>8</sup> Referencia 4, Capítulo 10.

<sup>9</sup> Referencia 5, Tabla IX.

<sup>10</sup> Referencia 4, Tabla P10.

<sup>11</sup> Referencia 5, Capítulo IR-6.



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 (Tabla 2) 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. También hay que tener cuidado en las situaciones en las que un prefijo multiplicador simple puede ser malinterpretado, *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  $P_2O_7^{4-}$ ). Algunos ejemplos se muestran en la Tabla 4. No hay elisión de vocales (*p. ej.*, tetraacua, pentaóxido), excepto en el caso especial de monóxido. Los nombres de los componentes neutros se separan por guiones extra largos (—) sin espacios. Los compuestos inorgánicos pueden ser, a su vez, componentes de los compuestos de adición (formales) (últimos cuatro ejemplos de la Tabla 4). Las relaciones de los componentes en los compuestos pueden indicarse, en general, usando un descriptor estequiométrico con un paréntesis después del nombre (véanse los tres últimos ejemplos de la Tabla 4). En el caso especial de los hidratos, los prefijos multiplicadores pueden ser usados con el término 'hidrato'.

## 2 COMPLEJOS Y NOMENCLATURA DE ADICIÓN

### 2.1 Enfoque general

La nomenclatura de adición se desarrolló para describir las estructuras de entidades de coordinación, o complejos, pero este método también se extiende con facilidad a otras entidades moleculares. Se considera que los complejos mononucleares consisten en un átomo central, a menudo un ion metálico, que está unido a moléculas pequeñas o iones adyacentes, que se denominan ligandos. Los nombres de los complejos se construyen (Tabla 5) añadiendo los nombres de los ligandos *antes* que los de los átomos centrales, utilizando los prefijos multiplicadores pertinentes. Las fórmulas se construyen añadiendo los símbolos o abreviaturas de los ligandos después de los símbolos de los átomos centrales (Sección 2.7).

Tabla 5. Generación de nombres de complejos: ligandos sencillos

Estructura a nombrar		
Átomo(s) central(es)	cobalto(III)	2 × renio
Identifique y nombre los ligandos	amoniaco → <b>ammino</b> agua → <b>acua</b>	cloruro → <b>cloruro</b>
Construya el nombre	cloruro de <b>acuapentaamminocobalto(III)</b>	<b>bis(tetraclorurorenato)= (Re—Re)(2-)</b> de cesio

### 2.2 Átomo(s) central(es) y ligandos

El primer paso consiste en identificar el(los) átomo(s) central(es) y, por tanto, también los ligandos. Por convenio, los electrones implicados en el enlace entre el átomo central y un ligando se considera que pertenecen al ligando (y esto determinará también su nombre).

Cada ligando se nombra como una entidad separada utilizando la nomenclatura oportuna,<sup>4</sup> generalmente de sustitución para ligandos orgánicos<sup>2,4,6</sup> y de adición para ligandos inorgánicos. Un número pequeño de moléculas comunes e iones tienen **nombres especiales** cuando se encuentran en complejos. Por ejemplo, un ligando agua se representa en el nombre completo con el término 'acua'. Un ligando amoniaco se representa por 'ammino' mientras que el monóxido de carbono unido al átomo central por el átomo de carbono se describe con el término 'carbonilo' y el monóxido de nitrógeno unido por el nitrógeno se representa por 'nitrosilo'. Los nombres de **ligandos aniónicos** que terminan en 'uro', 'ito' y 'ato' no se modifican en el nombre de adición completo del complejo. Nótese que la desinencia 'uro' se utiliza también para los ligandos halogenuro y 'oxido' no se modifica. Por convenio, un solo átomo de hidrógeno coordinado se considera siempre aniónico y se representa en el nombre por el término 'hidruro', mientras que el dihidrógeno coordinado se trata generalmente como una entidad neutra donadora de dos electrones.

### 2.3 Construcción de los nombres de adición

Una vez nombrados los ligandos, puede construirse el nombre. Para ello se citan los nombres de los ligandos en orden alfabético antes del nombre del(los) átomo(s) central(es) *sin tener en cuenta* las cargas de los ligandos.

Si hubiera más de un ligando de un tipo particular unido de igual modo al átomo central, el número de esos ligandos idénticos se indica mediante el prefijo multiplicador adecuado para ligandos simples o complicados (Tabla 2), sin cambiar el orden alfabético de los ligandos establecido previamente. El orden de colocación de los signos de inclusión que se usa en los nombres cuando se necesita más de un signo de inclusión es: ( ), [ ( ) ], { ( ) }, { ( ( ) ) }, *etc.*

Los **enlaces metal-metal** se indican colocando los símbolos de los átomos centrales entre paréntesis, en cursiva y conectados por un guión extra largo (—) después del nombre del complejo (sin dejar espacios). El **número de carga** del complejo o el **número de oxidación** del átomo central se añade como afixo al nombre del complejo. Para los **aniones** que se nombran por nomenclatura de adición se le da la desinencia 'ato' al nombre del átomo central, de igual modo que se usa la terminación 'uro' para los aniones monoatómicos (Sección 1). En algunos casos, por tradición, la raíz latina se usa para los nombres 'ato' como en

sulfato (para azufre), ferrato (para hierro), cuprato (para cobre), argentato (para plata), estannato (para estaño), aurato (para oro) y plumbato (para plomo).<sup>12</sup> Finalmente, las reglas de la nomenclatura de composición (Sección 1) se utilizan para combinar los nombres de adición de entidades de coordinación neutras o iónicas con los nombres de cualquier otra entidad que forma parte del compuesto.

### 2.4 Especificación de la conectividad

Algunos ligandos se pueden unir a un átomo central por distintos átomos en diferentes circunstancias. Especificar qué átomo ligante (coordinante) está unido en un complejo dado puede lograrse añadiendo **términos-κ** al nombre del ligando. El término-κ incluye la letra griega κ seguida del símbolo del elemento del átomo ligante en letra cursiva. Para ligandos más complicados el término-κ se coloca frecuentemente dentro del nombre del ligando a continuación del grupo al que se refiere. Pueden indicarse uniones idénticas múltiples a un átomo central añadiendo el número adecuado como un superíndice entre los símbolos κ y el del elemento (véase la Tabla 6). Estas posibilidades se discuten con detalle en el Libro Rojo.<sup>13</sup> Si los átomos ligantes de un ligando son contiguos (es decir, están enlazados directamente), se usa en su lugar un **término-η**, por ejemplo en muchos compuestos organometálicos (Sección 2.6) y en el peróxido complejo de la Tabla 6.

Para ligandos que tienen la posibilidad de unirse mediante más de un modo de coordinación se requiere el uso de un término-κ. Casos típicos son el tiocianato, que puede unirse por el átomo de azufre (tiocianato-κS) o por el átomo de nitrógeno (tiocianato-κN) y el nitrito, que puede unirse por el átomo de nitrógeno (M—NO<sub>2</sub>, nitrito-κN) o por un átomo de oxígeno (M—ONO, nitrito-κO). Los nombres pentaamino(nitrito-κN)cobalto(2+) y pentaamino(nitrito-κO)cobalto(2+) se usan para describir los dos nitrito-complejos isómeros catiónicos. En la Tabla 6 se encuentran más ejemplos de construcción de nombres usando los términos-κ para especificar la conectividad de los ligandos. Si en un complejo existe más de un átomo central, se puede usar también un término-κ para indicar a qué átomo central está unido el ligando (Sección 2.5).

Tabla 6. Generación de nombres de complejos: ligandos complicados

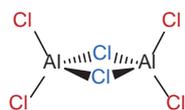
Estructura a nombrar		
Átomo central	cobalto(III) → <b>cobaltato(III)</b>	platino(II)
Identifique y nombre los ligandos	2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil= dinitrilo)tetraacetato → 2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil= dinitrilo)tetraacetato	cloruro → <b>cloruro trifenilfosfano</b>
Especifique los átomos ligantes	2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil= dinitrilo-κ <sup>2</sup> N)tetraacetato-κ <sup>4</sup> O	<i>no se necesita para cloruro trifenilfosfano-κP</i>
Construya el nombre	[2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil= dinitrilo-κ <sup>2</sup> N)tetraacetato-κ <sup>4</sup> O]cobaltato(III) de bario	<b>diclorurobis(trifenil= fosfano-κP)platino(II)</b>
Estructura a nombrar		
Átomo central	cobalto(III)	molibdeno(III)
Identifique y nombre los ligandos	etano-1,2-diamina peróxido → <b>peróxido</b>	cloruro → <b>cloruro 1,4,8,12-tetratiaclopentadecano</b>
Especifique los átomos ligantes	etano-1,2-diamina-κ <sup>2</sup> N η <sup>2</sup> -peróxido	<i>no se necesita para cloruro 1,4,8,12-tetratiaclo= pentadecano-κ<sup>3</sup>S<sup>1</sup>,S<sup>4</sup>,S<sup>8</sup></i>
Construya el nombre	<b>bis(etano-1,2-diamina-κ<sup>2</sup>N)= (η<sup>2</sup>-peróxido)cobalto(III)</b>	<b>tricloruro(1,4,8,12-tetratiaclopentadecano-κ<sup>3</sup>S<sup>1</sup>,S<sup>4</sup>,S<sup>8</sup>)molibdeno(III)</b>

### 2.5 Ligandos puente

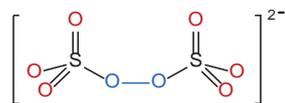
Los ligandos puente son aquellos que están unidos a más de un átomo central. Se diferencian en los nombres por la adición del prefijo 'μ' (letra griega mu) con el prefijo y el nombre del ligando puente separados uno del otro y del resto del nombre por guiones. Con esto es suficiente si el ligando es monoatómico, pero si el ligando es más complicado puede ser necesario especificar qué átomo ligante del ligando está unido a qué átomo central. Ciertamente, este es el caso en el que los átomos ligantes sean de tipo diferente y donde se pueden usar los términos-κ con esta finalidad.

<sup>12</sup> Referencia 5, Tabla X.

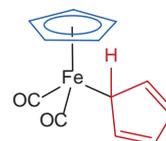
<sup>13</sup> Referencia 5, Sección IR-9.2.4.



di- $\mu$ -cloruro-bis[di-cloruroaluminio(III)]  
[Cl<sub>2</sub>Al( $\mu$ -Cl)<sub>2</sub>AlCl<sub>2</sub>]

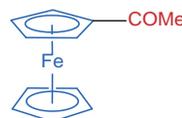


$\mu$ -peróxido-1 $\kappa$ O<sup>1</sup>,2 $\kappa$ O<sup>2</sup>-bis(tri-oxidosulfato)(2-)  
[O<sub>3</sub>S( $\mu$ -O<sub>2</sub>)SO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>

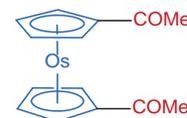


dicarbonil( $\eta^5$ -ciclopentadienuro)(ciclopenta-2,4-dien-1-uro- $\kappa$ C<sup>1</sup>)hierro  
o dicarbonil( $\eta^5$ -ciclopentadieniil)(ciclopenta-2,4-dien-1-il- $\kappa$ C<sup>1</sup>)hierro

Las moléculas discretas que contienen dos ligandos  $\eta^5$ -ciclopentadienuro *paralelos* en una estructura ‘sandwich’ en torno a un metal de transición, como en bis( $\eta^5$ -ciclopentadienuro)hierro, [Fe( $\eta^5$ -C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>], se llaman genéricamente **metalocenos** y pueden recibir nombres ‘oceno’; en este caso ferroceno. Estos nombres ‘oceno’ pueden usarse de la misma manera que se usan los nombres de hidruros progenitores en la nomenclatura de sustitución, cuyos nombres de grupos sustituyentes toman las formas de ‘ocenil’, ‘ocenodiil’, ‘ocenotriil’ (con inserción de los localizadores pertinentes).



1-ferroceniletan-1-ona



1,1'-(osmoceno-1,1'-diil)di(etan-1-ona)

Por convenio, los compuestos ‘organoelemento’ de los **elementos de los grupos principales** se nombran mediante la nomenclatura de sustitución si derivan de los grupos 13–16, pero con la nomenclatura de adición si derivan de los grupos 1 y 2. En algunos casos se usa la nomenclatura de composición si se va a transmitir poca información estructural. El Libro Rojo suministra más detalles.<sup>15</sup>

## 2.7 Fórmulas de los compuestos de coordinación

Las fórmulas en línea de las entidades de coordinación se escriben entre corchetes para especificar la composición de la entidad. El proceso global se muestra en la Tabla 7. El símbolo del átomo central se coloca en primer lugar y le siguen los símbolos o abreviaturas de los ligandos (en orden alfabético según el modo que se presenten en la fórmula). Cuando sea posible, el átomo que se coordina (ligante) debe colocarse más próximo al átomo central para proporcionar más información sobre la estructura del complejo. Por este mismo motivo, los ligandos puente deben colocarse entre los símbolos de los átomos centrales cuando sea posible (véanse ejemplos en la Sección 2.5). Generalmente, las fórmulas y abreviaturas de los ligandos se colocan entre signos de inclusión (salvo que el ligando contenga un solo átomo) y debe recordarse que los corchetes se reservan para definir la esfera de coordinación. La presencia de ligandos múltiples se indica con un subíndice a la derecha y a continuación del signo de inclusión o del símbolo del ligando.

Tabla 7. Generación de fórmulas lineales para complejos

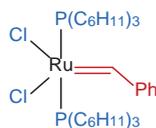
Estructura		
Átomo(s) central(es)	Co	2 × Re
Ligandos	NH <sub>3</sub> , OH <sub>2</sub>	Cl
Construya la fórmula	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH <sub>2</sub> )Cl] <sub>3</sub>	Cs <sub>2</sub> [Cl <sub>4</sub> ReReCl <sub>4</sub> ]
Estructura		
Átomo(s) central(es)	Co	Pt
Ligandos abreviados	2,2',2'',2'''-(etano-1,2-diil)dinitrilo= tetraacetato → edta	Cl trifenilfosfano → PPh <sub>3</sub>
Construya la fórmula	Ba[Co(edta)] <sub>2</sub>	[PtCl <sub>2</sub> (PPh <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]

## 2.6 Compuestos organometálicos

Los compuestos organometálicos contienen al menos un enlace entre un átomo metálico y un átomo de carbono. Se nombran como compuestos de coordinación mediante el sistema de nomenclatura de adición (véase más arriba).

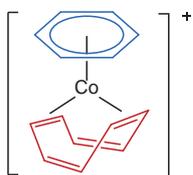
El nombre de un ligando orgánico **que se une por un átomo de carbono** puede derivarse al tratar el ligando como un anión o como un grupo sustituyente neutro. Así, el compuesto [Ti(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>)] puede llamarse **triclouro(propan-1-uro)titanio** o **triclouro(propil)titanio**. De igual modo, para el ligando –CH<sub>3</sub> puede usarse ‘metanuro’ o ‘metil’. Si un ligando orgánico forma **dos o tres enlaces sencillos metal-carbono** (con uno o más centros metálicos), el ligando puede considerarse como un di- o tri-anión, en cuyo caso se usan las terminaciones ‘diuro’ o ‘triuero’ sin eliminar la ‘o’ terminal del hidrocarburo progenitor. De nuevo, se encuentran muy frecuentemente los nombres que se derivan de considerar este tipo de ligandos como grupos sustituyentes con los sufijos ‘diil’ o ‘triil’. Así, el ligando bidentado –CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>– se llamaría propano-1,3-diuro (o propano-1,3-diil) si se une a un centro metálico y  $\mu$ -propano-1,3-diuro (o  $\mu$ -propano-1,3-diil) si puentea dos átomos metálicos.

Los compuestos organometálicos que contienen un **enlace múltiple metal-carbono** reciben nombres de prefijos sustituyentes derivados de los hidruros progenitores que finalizan con el sufijo ‘ilideno’ para un enlace doble metal-carbono y con ‘ilidino’ para un enlace triple. Estos sufijos sustituyen a la terminación ‘ano’ del hidruro progenitor o, más generalmente, se añaden al nombre del hidruro padre con inserción de un localizador y elisión de la ‘o’ terminal si existe. Así, la entidad CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH= como ligando se llama propilideno y (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C= se llama propan-2-ilideno. La metodología ‘diuro’/‘triuero’ descrita anteriormente se puede usar también en esta situación. Sin embargo, los términos ‘carbeno’ y ‘carbino’ no se usan en nomenclatura sistemática.



dicloruro(fenilmetilideno)bis(triciclohexilfosfano- $\kappa$ P)rutenio,  
dicloruro(fenilmetanodiuro)bis(triciclohexilfosfano- $\kappa$ P)rutenio,  
o (bencilideno)diclorurobis(triciclohexilfosfano- $\kappa$ P)rutenio

La naturaleza especial del enlace de hidrocarburos insaturados con metales de modo ‘side on’, a través de sus electrones- $\pi$ , requiere el **convenio eta ( $\eta$ )**. En esta nomenclatura ‘hapto’ el número de átomos *contiguos* del ligando coordinados al metal (la hapticidad del ligando) se indica por un superíndice sobre el símbolo eta, por ejemplo,  $\eta^3$  (‘eta tres’ o ‘trihapto’). El término- $\eta$  se añade como un prefijo al nombre del ligando o a la porción del nombre del ligando más adecuada para indicar la conectividad, con localizadores si fuese necesario.



( $\eta^6$ -benceno)[(1,2,5,6- $\eta$ -cicloocta-1,3,5,7-tetraeno)cobalto(1+)]



tris( $\eta^3$ -prop-2-en-1-uro)cromo,  
tris( $\eta^3$ -prop-2-en-1-il)cromo,  
o tris( $\eta^3$ -alil)cromo

Una lista de **ligandos insaturados con enlaces- $\pi$**  neutros y aniónicos puede encontrarse en el Libro Rojo.<sup>14</sup>

Nótese que el ligando ubicuo  $\eta^5$ -C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>, estrictamente  $\eta^5$ -ciclopenta-2,4-dien-1-uro, se llama también aceptablemente  $\eta^5$ -ciclopentadienuro o  $\eta^5$ -ciclopentadieniil. Si el grupo ciclopenta-2,4-dien-1-uro se coordina por un solo átomo de carbono a través de un enlace  $\sigma$  se añade un término- $\kappa$  para indicar explícitamente ese tipo de enlace. Sin embargo, el símbolo  $\eta^1$  no debe usarse ya que el convenio eta se aplica solamente al enlace de átomos contiguos en un ligando.

<sup>14</sup> Referencia 5, Tabla IR-10.4.

<sup>15</sup> Referencia 5, Sección IR-10.3.

## 2.8 Oxoácidos inorgánicos y compuestos relacionados

Los oxoácidos inorgánicos y los aniones que se forman al eliminar sus hidrones ( $H^+$ ) ácidos, tienen nombres tradicionales que son muy conocidos y pueden encontrarse en muchos libros de texto: ácido sulfúrico, sulfato; ácido nítrico, nitrato; ácido nitroso, nitrito; ácido fosfórico, fosfato; ácido arsénico, arsenato; ácido arsenioso, arsenito; ácido silícico, silicato; etc. Estos nombres se retienen en la nomenclatura de la IUPAC por dos razones, en primer lugar, porque son los nombres usados invariablemente en la práctica y, en segundo lugar, porque juegan un papel especial en la nomenclatura orgánica cuando se necesitan nombres para sus derivados orgánicos. No obstante, todos los oxoácidos y sus derivados pueden considerarse como entidades de coordinación y nombrarse sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición (Tabla 8).<sup>16</sup>

Tabla 8. Ejemplos de oxoácidos inorgánicos y derivados

Fórmula	Nombre tradicional u orgánico	Nombre de adición
$H_2SO_4$ o $[S(O)_2(OH)_2]$	ácido sulfúrico	dihidroxidodioxidoazufre
$(CH_3)_2SO_4$ o $[S(O)_2(OMe)_2]$	sulfato de dimetilo	dimetoxidodioxidoazufre o dimetanolatodioxidoazufre
$H_2PHO_3$ o $[P(H)(O)(OH)_2]$	ácido fosfónico*	dihidroxidohidrurooxido=fósforo
$PhP(O)(OH)_2$	ácido fenilfosfónico	(fenil)dihidroxidooxido=fósforo

\*Nota: El término 'ácido fosforoso' se ha utilizado en la bibliografía para las especies llamadas ácido fosfónico en la Tabla 8 y para aquellas con la fórmula  $P(OH)_3$ , trihidroxidofósforo. En el segundo sentido se utiliza en la nomenclatura orgánica.

Los nombres tradicionales de los oxoácidos pueden modificarse conforme a reglas establecidas para nombrar derivados formados por **reemplazo funcional**.<sup>16</sup> Así, 'tio' denota reemplazamiento de =O por =S; los prefijos 'fluoro', 'cloro', etc. y los infijos 'fluorídico', 'clorídico', etc., denotan reemplazo de -OH por -F, -Cl, etc.; 'peroxi'/'peroxo' denota reemplazo de -O- por -OO- y así sucesivamente (Tabla 9).

Si todos los grupos hidroxilo de un oxoácido son reemplazados, el compuesto ya no es un ácido y no se nombra como tal sino que tendrá un **nombre de clase funcional**.<sup>16</sup> como por ejemplo, un halogenuro de ácido o una amida. Dichos tipos de compuestos pueden nombrarse de nuevo sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición (Tabla 10).

Una construcción especial se usa en los **nombres de hidrogeno**, que permite la indicación de los hidrones unidos a un anión sin especificar exactamente dónde. En dichos nombres, la palabra 'hidrogeno' (sin tilde) se coloca al principio del nombre con un prefijo multiplicador (si fuese pertinente) y sin espacio entre ella y el resto del nombre, el cual se encierra entre paréntesis. Por ejemplo, dihidrogeno(difosfato)(2-) denota  $H_2P_2O_7^{2-}$ , un ion difosfato al que se le han añadido dos hidrones en posiciones desconocidas o al menos no especificadas.

Los nombres comunes de oxoácidos parcialmente deshidronados, tales como hidrogenofosfato,  $HPO_4^{2-}$ , y dihidrogenofosfato,  $H_2PO_4^-$ , pueden considerarse casos especiales de dichos nombres de hidrogeno. En estos nombres simplificados, se excluyen el número de carga y los paréntesis. De nuevo, estos aniones particulares pueden nombrarse sistemáticamente mediante la nomenclatura de adición. La palabra 'hidrogeno' se coloca *separada* al

Tabla 9. Ejemplos de derivados de oxoácidos inorgánicos y aniones formados por reemplazo funcional

Fórmula	Nombre que indica el reemplazo funcional	Nombre de adición
$H_3PS_4$ o $[P(S)(SH)_3]$	ácido tetratiofosfórico o ácido fosfortetratioico	tris(sulfanuro)sulfuro=fósforo
$H_2PFO_3$ o $[PF(O)(OH)_2]$	ácido fluorofosfórico o ácido fosforofluorídico	fluorurodihidroxido=oxidofósforo
$S_2O_3^{2-}$ o $[S(O)_3(S)]^{2-}$	tiosulfato o sulfurotioato	trioxidosulfuro=sulfato(2-)
$[O_3S(\mu-O_2)SO_3]^{2-}$	peroxidisulfato	véase la Sección 2.5

Tabla 10. Ejemplos de clases de nombres funcionales y sus correspondientes nombres de adición

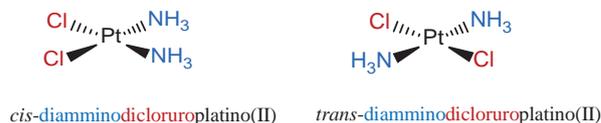
Fórmula	Nombre de clase funcional	Nombre de adición
$PCl_3O$	tricloruro de fosforilo	triclorurooxidofósforo
$SCl_2O_2$	dicloruro de sulfurilo	diclorurodioxidoazufre
$S(NH_2)_2O_2$	diamida sulfúrica	diamidodioxidoazufre

<sup>16</sup> Referencia 5, Capítulo IR-8.

formar los nombres análogos en la nomenclatura orgánica; por ejemplo, hidrogeno sulfato de dodecilo,  $C_{12}H_{25}OS(O)_2OH$ . Esta diferencia entre los dos sistemas tiene como consecuencia que el ion  $HCO_3^-$ , que contiene carbono, pueda llamarse igual de correctamente 'hidrogeno carbonato' o 'hidrogenocarbonato' (pero nunca bicarbonato).

## 3 ESTEREODESCRIPTORES

La geometría aproximada alrededor del átomo central se describe mediante un **símbolo del poliedro** colocado al principio del nombre. El símbolo se construye con letras mayúsculas cursivas para la geometría y un número que indica el número de coordinación. Símbolos de poliedros que se usan frecuentemente son: *OC-6* (octaedro), *SP-4* (plano-cuadrado), *T-4* (tetraedro), *SPY-5* (pirámide cuadrada) y *TBPY-5* (bipirámide trigonal). Listas más completas pueden obtenerse en la referencia.<sup>17</sup> Las posiciones relativas de los grupos ligantes en torno a un átomo central se describen mediante un **índice de configuración**, que se determina de un modo particular para cada tipo de geometría,<sup>18</sup> basado en las prioridades de Cahn-Ingold-Prelog de los grupos ligantes<sup>19</sup> y puede cambiar si varían los ligandos aunque la geometría permanezca invariable. También puede describirse la configuración absoluta. Generalmente, los índices de configuración se utilizan solamente cuando existe más de una posibilidad y se tiene que identificar un estereoisómero en particular. Los estereodescriptores completos de los complejos plano-cuadrados de platino que se muestran a continuación son (*SP-4-2*) y (*SP-4-1*) para los isómeros *cis* y *trans*, respectivamente. Alternativamente, puede usarse una serie de estereodescriptores tradicionales en situaciones particulares. Así, los isómeros posibles para un centro plano-cuadrado coordinado por dos grupos ligantes de un tipo y dos de otro se describen como *cis* (si los ligandos idénticos están próximos uno del otro) o *trans* (si están opuestos uno al otro).



Los centros octaédricos con cuatro ligandos de un tipo y dos de otro también pueden describirse como *cis*- (si los dos ligandos idénticos están coordinados próximos uno del otro) o *trans*- (si están opuestos). Los centros octaédricos con tres ligandos del mismo tipo pueden describirse como *fac*- (facial) si los tres ligandos de un tipo particular se localizan en los ángulos de una cara del octaedro o *mer*- (meridional) si no lo están (se encuentran en un plano que contiene dos aristas del octaedro).

## 4 RESUMEN

Este documento proporciona un esquema de las reglas de nomenclatura esenciales para elaborar nombres y fórmulas de compuestos inorgánicos, de coordinación y organometálicos. El documento complementario de sistemas de nomenclatura de **química orgánica**<sup>2</sup> también será de utilidad al lector.

Los nombres y las fórmulas sólo cumplen la mitad de su papel cuando se crean y se usan para describir o identificar compuestos, por ejemplo, en publicaciones. Conseguir que alcancen plenamente su papel requiere que el lector de un nombre o fórmula sea capaz de interpretarla con éxito, por ejemplo, generando un diagrama estructural. El presente documento también está destinado a ayudar en la interpretación de nombres y fórmulas.

Finalmente, queremos advertir que la IUPAC ha dado recomendaciones sobre la representación gráfica de estructuras químicas y sus configuraciones estereoquímicas.<sup>20</sup>

<sup>17</sup> Referencia 4, Tabla P5; Referencia 5, Tablas IR-9.2 e IR-9.3.

<sup>18</sup> Referencia 5, Sección IR-9.3.3.

<sup>19</sup> R. S. Cahn, C. Ingold, V. Prelog, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **5**, 385–415 y 511 (1966); V. Prelog, G. Helmchen, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **21**, 567–583 (1982).

<sup>20</sup> J. Brecher, K. N. Degtyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, G. P. Moss, P. Murray-Rust, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, S. Stein, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, **78**(10), 1897–1970 (2006); J. Brecher, K. N. Degtyarenko, H. Gottlieb, R. M. Hartshorn, K.-H. Hellwich, J. Kahovec, G. P. Moss, A. McNaught, J. Nyitrai, W. Powell, A. Smith, K. Taylor, W. Town, A. Williams, A. Yerin, *Pure Appl. Chem.*, **80**(2), 277–410 (2008).





## **Guía breve para la nomenclatura en Química Orgánica**

Versión en español de diciembre 2021



# Guía Breve para la Nomenclatura en Química Orgánica

K.-H. Hellwich (Alemania), R. M. Hartshorn (Nueva Zelanda), A. Yerin (Rusia), T. Damhus (Dinamarca), A. T. Hutton (Sudáfrica). C/e: [organic.nomenclature@iupac.org](mailto:organic.nomenclature@iupac.org) Organismo patrocinador: División de Nomenclatura Química y Representación Estructural de la IUPAC

Traducido y adaptado por: Efraím Reyes (España), Pascual Román Polo (España). C/e: [efraim.reyes@ehu.es](mailto:efraim.reyes@ehu.es)

## 1 INTRODUCCIÓN

La adopción universal de una nomenclatura consensuada es una herramienta clave para la comunicación eficiente en las ciencias químicas, en la industria y en las regulaciones asociadas con la importación/exportación o la salud y la seguridad. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC en sus siglas inglesas) ofrece recomendaciones sobre muchos aspectos de la nomenclatura.<sup>1</sup> Los fundamentos de la nomenclatura orgánica se muestran aquí, y los documentos complementarios sobre la nomenclatura de química inorgánica,<sup>2</sup> y polímeros,<sup>3</sup> con enlaces a los documentos originales. Un resumen general de la nomenclatura química se puede encontrar en *Principles of Chemical Nomenclature*.<sup>4</sup> Una descripción exhaustiva se puede hallar en *Nomenclature of Organic Chemistry*, coloquialmente conocido como el Libro Azul,<sup>5</sup> y en publicaciones relacionadas para los compuestos inorgánicos (el Libro Rojo),<sup>6</sup> y polímeros (el Libro Púrpura).<sup>7</sup>

Cabe señalar que muchos compuestos pueden tener nombres no-sistemáticos o semisistemáticos y las reglas de la IUPAC también permiten dar más de un nombre sistemático en muchos casos. Algunos nombres tradicionales (por ejemplo estireno, urea) también se usan con la nomenclatura sistemática. La nueva edición del Libro Azul<sup>5</sup> incorpora una serie de criterios jerárquicos para elegir el nombre individual preferido a efectos de regulación (Preferred IUPAC Name, o PIN).

## 2 NOMENCLATURA SUSTITUTIVA

La nomenclatura sustitutiva (o de sustitución) es el método principal para nombrar los compuestos químicos orgánicos. Se utiliza principalmente para los compuestos de carbono y elementos de los grupos 13-17. Con fines de nomenclatura, un compuesto químico se trata como la combinación de un compuesto progenitor (Sección 5) y grupos (funcionales) característicos, uno de los cuales se denomina grupo característico principal (Sección 4). Un nombre sistemático se basa en el nombre del compuesto progenitor de mayor jerarquía (Sección 6) en el cual la sustitución de átomos de hidrógeno se representa con un sufijo para el grupo o grupos característicos principales, prefijos que representan los grupos característicos de menor jerarquía y otros grupos sustituyentes, y localizadores que especifican sus posiciones. Los nombres creados siguiendo la nomenclatura sustitutiva pueden incluir también fragmentos nombrados de acuerdo con otros tipos u operaciones de nomenclatura. Por ejemplo, las operaciones de adición y sustracción (Sección 5.4) se realizan principalmente para definir el estado de hidrogenación, mientras que una operación de reemplazo define un cambio de (en la mayoría de los casos) átomos de carbono por heteroátomos.

### 2.1 Componentes de los nombres sustitutivos sistemáticos

Los componentes más comunes de un nombre químico sustitutivo se ilustran con referencia a la estructura química mostrada en la Tabla 1, junto con su nombre sistemático y los componentes de dicho nombre.

Los localizadores indican la posición de los sustituyentes u otras características estructurales. Generalmente, se colocan antes de la parte del nombre que indica la característica estructural correspondiente. Se usan tres tipos de marcas inclusivas, en el orden de anidación {{( )}}, cuando sea necesario indicar qué partes de un nombre van juntas.

Para citar la versión original en inglés, por favor, use: IUPAC, *Pure Appl. Chem.* 2020, <https://doi.org/10.1515/pac-2019-0104>. Se permite la publicación de este documento por cualquier medio bajo la condición de que sea completa e inalterada. Copyright © IUPAC & De Gruyter 2020.

<sup>1</sup> Disponible gratuitamente en: (a) <https://www.degruyter.com/view/f/pac/>;

(b) <https://www.qmul.ac.uk/sbcs/iupac/>.

<sup>2</sup> R. M. Hartshorn *et al.*, Brief Guide to the Nomenclature of Inorganic Chemistry, *Pure Appl. Chem.* 87(9–10), 1039–1049 (2015).

<sup>3</sup> R. C. Hiorns *et al.*, A Brief Guide to Polymer Nomenclature, *Pure Appl. Chem.* 84(10), 2167–2169 (2012).

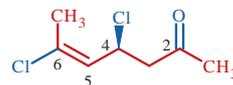
<sup>4</sup> G. J. Leigh (Ed.), *Principles of Chemical Nomenclature – A Guide to IUPAC Recommendations, 2011 Edition*, RSC Publishing, Cambridge, U.K., ISBN 978-1-84973-007-5.

<sup>5</sup> H. A. Favre, W. H. Powell (Eds.), *Nomenclature of Organic Chemistry – IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-182-4; corrección, modificación y extensión: <https://www.qmul.ac.uk/sbcs/iupac/bibliog/BBerrors.html>.

<sup>6</sup> N. G. Connelly, T. Damhus, R. M. Hartshorn, A. T. Hutton (Eds.), *Nomenclature of Inorganic Chemistry – IUPAC Recommendations 2005*, RSC Publishing, Cambridge, U.K., ISBN 0-85404-438-8.

<sup>7</sup> R. G. Jones, J. Kahovec, R. Stepto, E. S. Wilks, M. Hess, T. Kitayama, W. V. Metzomski (Eds.), *Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature – IUPAC Recommendations 2008*, RSC Publishing, Cambridge, U.K., ISBN 978-0-85404-491-7.

Tabla 1. Componentes del nombre sustitutivo (4*S*,5*E*)-4,6-diclorohept-5-en-2-ona para



hept(a)	compuesto progenitor (heptano)	ona	sufijo para el grupo característico principal
en(o)	terminación de insaturación	cloro	prefijo sustituyente
di	prefijo multiplicador	<i>S E</i>	estereodescriptores
2 4 5 6	localizadores	( )	marcas inclusivas

Los prefijos multiplicadores (Tabla 2) se usan cuando más de un fragmento de idéntico tipo se halla en una estructura. La clase de prefijo multiplicador que se emplea depende de la complejidad del fragmento correspondiente – p. ej. triclora, pero, en cambio, tris(clorometil).

Tabla 2. Prefijos multiplicadores para las entidades simples y complejas

Nº	Simple	Compleja	Nº	Simple	Compleja
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

## 3 CREACIÓN DE LOS NOMBRES SISTEMÁTICOS

La formación de un nombre sistemático requiere de diversas etapas, que se han de seguir (cuando sean aplicables) en el orden siguiente:

- Determine el grupo característico principal que se ha de citar como sufijo (véase la Sección 4).
- Determine el compuesto progenitor de mayor jerarquía entre aquellos componentes estructurales unidos al grupo característico principal (véanse las Secciones 5 y 6).
- Nombre el hidruro progenitor y especifique cualquier insaturación (Sección 5).
- Combine el nombre del hidruro progenitor con el sufijo para el grupo característico principal (Sección 4).
- Identifique los sustituyentes y ordene los correspondientes prefijos según orden alfabético.
- Inserte los prefijos multiplicadores, sin cambiar el orden ya establecido, y añada los localizadores.
- Determine los centros estereogénicos y otras unidades estereogénicas, tales como dobles enlaces y añada los correspondientes estereodescriptores.

## 4 GRUPOS CARACTERÍSTICOS. Sufijos y prefijos

La presencia de un grupo característico (o funcional) se indica con un prefijo o un sufijo unido al nombre del compuesto progenitor. Los nombres de los grupos característicos comunes figuran en la Tabla 3, en orden de jerarquía decreciente. El de mayor jerarquía, el grupo característico principal, se cita como sufijo, mientras que todos los otros grupos se citan como prefijos. Nótese que para fines de nomenclatura, los enlaces múltiples C–C no se consideran grupos característicos (Sección 5.4).

Tabla 3. Orden jerárquico para los grupos característicos

Clase	Fórmula*	Sufijo	Prefijo
carboxilatos	–COO <sup>–</sup> –(C)OO <sup>–</sup>	-carboxilato -oato	carboxilato
ácidos carboxílicos	–COOH –(C)OOH	ácido -carboxílico ácido -oico	carboxi
ésteres	–COOR –(C)OOR	-carboxilato de (R)** -oato de (R)**	(R)oxicarbonil
haluros de ácido	–COX –(C)OX	haluro de -carbonilo haluro de -oilo	halocarbonil
amidas	–CONH <sub>2</sub> –(C)ONH <sub>2</sub>	-carboxamida -amida	carbamoil
nitrilos	–C≡N –(C)≡N	-carbonitrilo -nitrilo	ciano
aldehídos	–CHO –(C)HO	-carbaldehído -al	formil oxo
cetonas	=O	-ona	oxo
alcoholes	–OH	-ol	hidroxi
tioles	–SH	-tiol	sulfanil***
aminas	–NH <sub>2</sub>	-amina	amino
iminas	=NH	-imina	imino

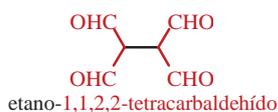
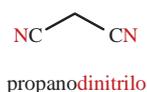
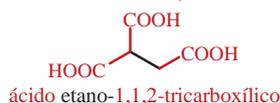
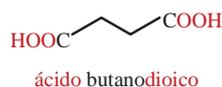
\* Aquí –(C) indica que el átomo de carbono está incluido en el nombre del compuesto progenitor.

\*\* Aquí (R) significa que el grupo R se expresa como una palabra separada.

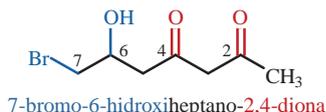
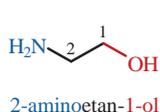
\*\*\* NOTA. El término “mercapto” ya no se acepta (pero todavía se usa por el CAS).



Dependiendo del número y disposición de los grupos carbonados nombrados como de sufijos, el átomo de carbono puede ser parte del compuesto progenitor (p. ej.  $-(C)OOH$ , "ácido -oico") o se puede tratar como grupo unido al compuesto progenitor (p. ej.  $-COOH$ , "ácido -carboxílico")



Otros grupos característicos en un compuesto progenitor se representan con los prefijos correspondientes citados en orden alfabético (aquí en azul, donde R representa un grupo alquilo o arilo), incluyendo también éteres ( $-OR$ ), (R)oxi; sulfuros ( $-SR$ ), (R)sulfanil; bromuros ( $-Br$ ), bromo; cloruros ( $-Cl$ ), cloro; fluoruros ( $-F$ ), fluoro; yoduros ( $-I$ ), yodo (preferible a iodo); y grupos nitro ( $-NO_2$ ), nitro.



## 5 COMPUESTOS PROGENITORES, HIDRUROS PROGENITORES

La nomenclatura sustitutiva se emplea para diversos tipos de compuestos progenitores. Los compuestos progenitores sin grupos característicos se denominan hidruros progenitores. Estos hidruros se pueden clasificar según sea de cadena o cíclicos (de anillo), y pueden contener átomos de carbono y/o heteroátomos. Los compuestos progenitores con anillos pueden ser monocíclicos, policíclicos con puente (anillos que comparten más de dos átomos), policíclicos condensados (anillos que comparten dos átomos vecinos) o policíclicos espiránicos (anillos que comparten un solo átomo). Los compuestos progenitores más complejos incluyen sistemas fusionados con puentes, asociación de anillos, ciclofanos y fullerenos. La numeración de los átomos de un compuesto progenitor se define mediante reglas propias para cada tipo de compuesto progenitor. A partir de aquí, se aplican las reglas descritas en la Sección 7.

### 5.1 Hidruros progenitores acíclicos

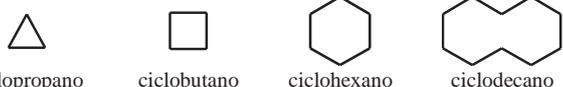
Los nombres de las cadenas saturadas de carbono (alcanos) se componen del término numérico simple que indica el número de átomos de carbono (Tabla 2, con la "a" elidida) junto con la terminación "ano" (véase la Tabla 4), con la excepción de los primeros cuatro alcanos: metano,  $CH_4$ ; etano,  $CH_3CH_3$ ; propano,  $CH_3CH_2CH_3$ ; butano,  $CH_3[CH_2]_2CH_3$ .

Tabla 4. Nombres para algunos alcanos lineales

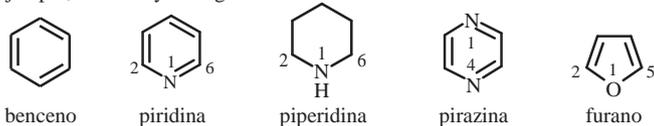
$CH_3[CH_2]_3CH_3$	$CH_3[CH_2]_7CH_3$	$CH_3[CH_2]_{18}CH_3$
pentano	nonano	icosano
$CH_3[CH_2]_4CH_3$	$CH_3[CH_2]_{16}CH_3$	$CH_3[CH_2]_{20}CH_3$
hexano	octadecano	docosano

### 5.2 Hidruros progenitores monocíclicos

Los nombres de los hidrocarburos saturados monocíclicos (cicloalcanos) están compuestos por el prefijo "ciclo" y el nombre del alcano correspondiente.



Se conservan varios nombres no sistemáticos para anillos comunes, por ejemplo, benceno y los siguientes heterociclos.



Los nombres sistemáticos para anillos monocíclicos que contienen heteroátomos se construyen de acuerdo con el sistema de Hantzsch-Widman (HW) (anillos de 3 a 10 miembros) o la nomenclatura de reemplazo (anillos más grandes).<sup>4,5</sup> Ambos sistemas usan los prefijos "a" que se muestran en la Tabla 5, en los que la jerarquía disminuye de izquierda a derecha en la primera fila y luego en la segunda fila.

El sistema H-W combina los prefijos "a" de la Tabla 5 en orden decreciente de jerarquía con las terminaciones, en el sistema H-W llamados tallos (*stems*), que indican el tamaño y la saturación del anillo (Tabla 6).

Tabla 5. Prefijos "a" seleccionados para los sistemas H-W y de reemplazo

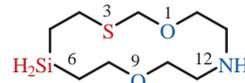
O	oxa	S	tia	N	aza	P	fosfa
As	arsa	Si	sil	Sn	estanna	B	bora

Se agregan los localizadores apropiados para describir la ubicación de los reemplazos en el anillo y la vocal "a" se elide cuando va seguida de una vocal. Si hay más de 10 átomos en el anillo, se usa la nomenclatura de reemplazo, en la que los prefijos "a" se enumeran nuevamente en orden decreciente de jerarquía, con los localizadores correspondientes, delante del nombre del compuesto progenitor. La numeración de los átomos se explica en la Sección 7.

Tabla 6. Terminaciones en el sistema de Hantzsch-Widman

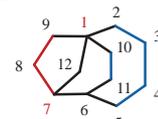
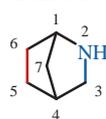
Tamaño del anillo	Insaturado	Saturado
3	irino* / ireno	iridino / irano**
4	etino / etano**	etidino / etano**
5	ol	olidino / olano**
6	ino / ino / inino***	ano / inano / inano***
7	epino	epano

\* Para anillos con N como único(s) heteroátomo(s). \*\* Para anillos con/sin N como heteroátomo(s). \*\*\* Siendo O,S / N,Si,Sn / P,As,B el heteroátomo citado al final, respectivamente.

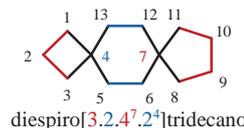
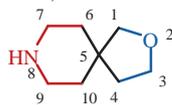


### 5.3 Hidruros progenitores policíclicos

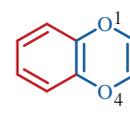
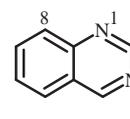
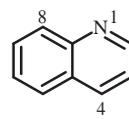
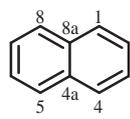
Los nombres de los sistemas policíclicos tipo puente se basan en el nombre del alcano que contendría el mismo número de átomos de carbono, precedido por un indicador de número de ciclos presentes y de un descriptor de puente que define los tamaños de los diversos anillos; este descriptor proporciona el número de átomos del esqueleto en cada uno de los puentes que conectan las cabezas de puente y viene dado por números arábigos citados en orden numérico descendente, separados por puntos e incluidos entre corchetes. La numeración comienza en una cabeza de puente y recorre los anillos en orden (de mayor a menor). La nomenclatura de reemplazo (véase la Sección 5.2) se emplea para nombrar los heterociclos relacionados.



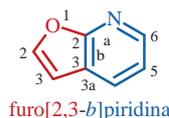
Los nombres de los sistemas policíclicos espiránicos, en los que hay un solo átomo en común en los anillos, incluyen el número de uniones espiránicas, un descriptor de puente y el nombre del alcano que contendría el mismo número de átomos de carbono. Como en la sección anterior, los heterociclos relacionados se nombran de acuerdo con la nomenclatura de reemplazo (véase la Sección 5.2).



Los policíclicos fusionados son sistemas cíclicos que tienen un enlace común para cualquier par de anillos adyacentes.

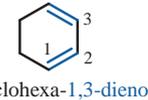
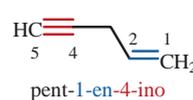
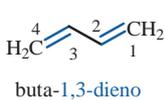


En la nomenclatura sistemática de policíclicos fusionados se combinan los nombres de los componentes y se añade un descriptor de fusión que indica cómo están conectados dichos componentes. Este proceso está más allá del alcance de esta guía (consulte la referencia 5 para obtener más detalles).



### 5.4 Saturación e insaturación

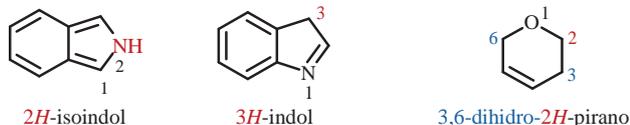
El grado de insaturación de un compuesto en comparación con el compuesto progenitor saturado se puede indicar reemplazando la terminación "ano" por las terminaciones "eno" e "ino" que definen la presencia de enlaces dobles y triples, respectivamente, y la adición de localizadores para mostrar sus posiciones.



La adición de hidrógeno a los hidruros progenitores insaturados se indica con la inserción de prefijos "hidro" para indicar la saturación de dobles enlaces, de nuevo con localizadores para definir dónde ocurre.

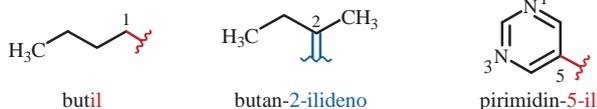


Para algunos hidruros progenitores insaturados, las posiciones saturadas se especifican usando la convención de indicación de hidrógeno (H).



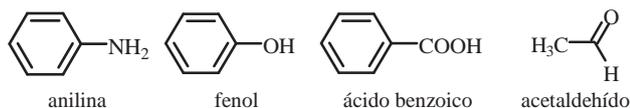
### 5.5 Grupos sustituyentes derivados de hidruros progenitores

En los casos en los que un grupo derivado de un hidruro progenitor sea un sustituyente de otro compuesto progenitor, el nombre del sustituyente se crea mediante la adición de los sufijos "il" o "ilideno" al nombre del hidruro progenitor, con los localizadores correspondientes que indican la posición de la unión. Las posiciones de unión expresadas por los sufijos "il" o "ilideno" son prioritarios a cualquier grupo característico (consulte la Sección 4, Tabla 3).



### 5.6 Compuestos progenitores funcionales

La combinación de un hidruro progenitor con un grupo funcional puede formar un compuesto progenitor funcional el cual es nombrado como una única entidad. Tales nombres se utilizan como nombres sistemáticos solamente si expresan tanto el compuesto progenitor como el grupo característico de mayor jerarquía del compuesto considerado, p. ej. 4-cloroanilina, pero, en cambio, ácido 4-aminobenzoico (no 4-carboxianilina ni ácido anilino-4-carboxílico).



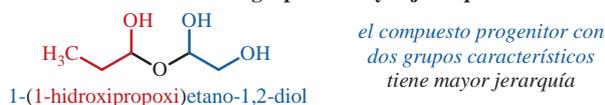
## 6 JERARQUÍA DE LOS COMPUESTOS PROGENITORES

El nombre sistemático se basa en el nombre del compuesto progenitor de mayor jerarquía, que se elige aplicando los siguientes criterios en el orden que se describe a continuación y se muestran en la Figura 1, hasta que se toma una decisión. Para consultar el conjunto completo de criterios, véase la referencia 8. En los siguientes ejemplos, el compuesto progenitor de mayor jerarquía se muestra en azul, y se indica la razón clave en el texto adyacente.

### a. Contiene el grupo de mayor jerarquía (grupo característico principal)



### b. Contiene máximo número de grupos de mayor jerarquía



### c. El compuesto progenitor está basado en un elemento de mayor jerarquía (N, P, Si, B, O, S, C)



### d. Los ciclos tienen mayor jerarquía que las cadenas si se componen de los mismos elementos



NOTA 1: Después de este criterio, solo quedan anillos o solo cadenas para una elección posterior.

NOTA 2: En recomendaciones anteriores, la jerarquía dependía del número de átomos.

<sup>8</sup> Sección P-52 de la referencia 5.

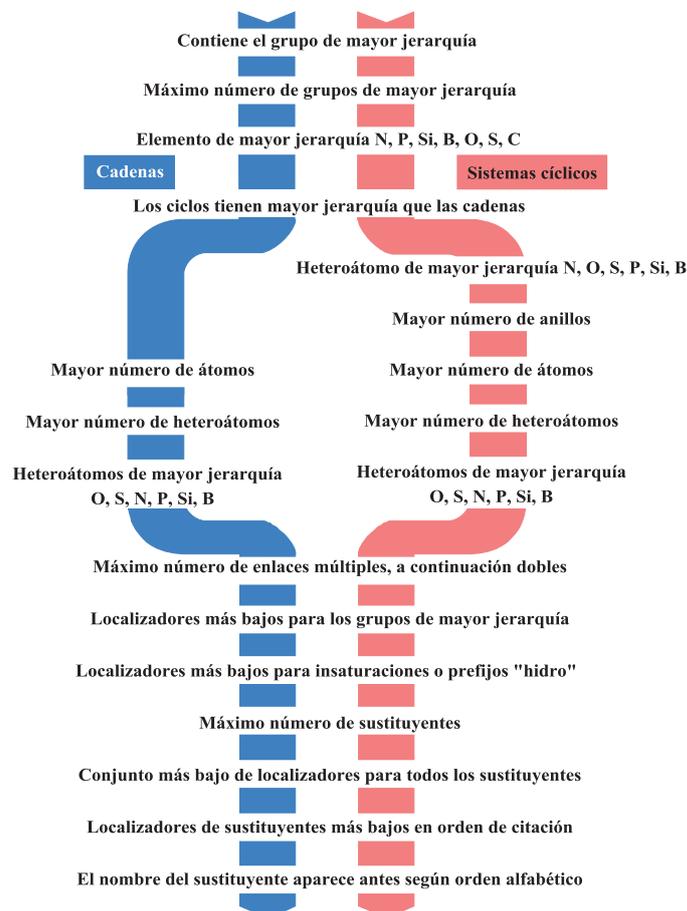


Figura 1. Criterios para elegir el compuesto progenitor de mayor jerarquía

### e. Criterios para sistemas cíclicos

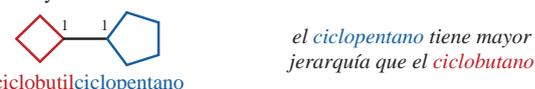
e.1. Contiene el heteroátomo de mayor jerarquía en el orden N, O, S, P, Si, B.



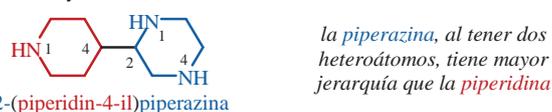
e.2. Contiene mayor número de anillos



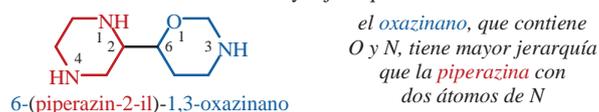
e.3. Contiene mayor número de átomos



e.4. Contiene mayor número de heteroátomos

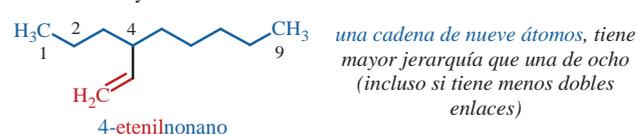


e.5. Contiene más heteroátomos de mayor jerarquía



### f. Criterios para cadenas

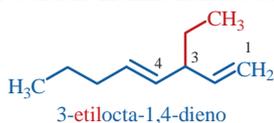
f.1. Contiene mayor número de átomos



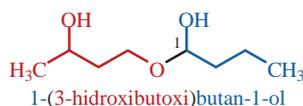
NOTA. En recomendaciones anteriores, la insaturación tenía mayor jerarquía que la longitud de la cadena.

Los siguientes criterios se aplican tanto a las cadenas como a los anillos:

**g. Contiene máximo número de enlaces múltiples, y a continuación, dobles**

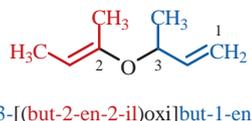


**h. Presenta los localizadores más bajos para los grupos de mayor jerarquía**



el butan-1-ol tiene mayor jerarquía que el butan-2-ol

**i. Presenta localizadores más bajos para insaturaciones o prefijos "hidro"**

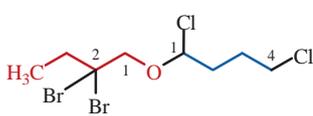


**j. Contiene el máximo número de sustituyentes**



el compuesto progenitor con tres sustituyentes tiene mayor jerarquía que el compuesto progenitor con dos sustituyentes

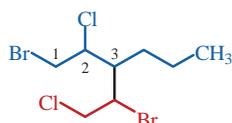
**k. Presenta el conjunto más bajo de localizadores para todos los sustituyentes**



todos los localizadores del compuesto progenitor están dispuestos en orden creciente y comparados de uno en uno: 1,1,4 es menor que 1,2,2

NOTA. No 2,2-dibromo-1-(1,4-diclorobutoxi)butano

**l. Presenta localizadores de sustituyentes más bajos en orden de citación**



1,3,2 es más bajo que 2,3,1

NOTA. No 2-bromo-3-(2-bromo-1-cloroetil)-1-clorohexano

**m. El nombre del sustituyente aparece antes según orden alfabético**



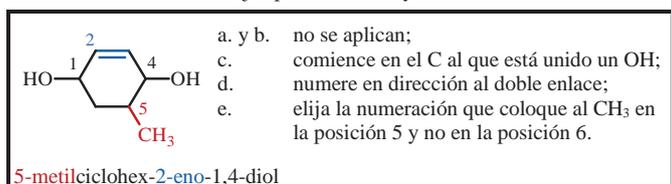
bromo se cita antes que cloro

NOTA. No 1-(2-bromoetoxi)-2-cloroetano

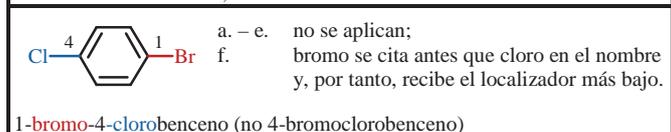
**7 NUMERACIÓN DE LOS COMPUESTOS PROGENITORES**

La numeración del compuesto progenitor se determina según el tipo de compuesto y a continuación se elige considerando todos los conjuntos posibles de localizadores y aplicando sucesivamente los siguientes criterios:

- Los localizadores más bajos para los heteroátomos;
- Los localizadores más bajos para el indicador de hidrógeno (*H*);
- Los localizadores más bajos para los grupos característicos principales;
- Los localizadores más bajos para "eno", "ino" y prefijos "hidro";
- Los localizadores más bajos para el conjunto de todos los sustituyentes citados como prefijos;
- Los localizadores más bajos para los sustituyentes en orden de citación



- no se aplican;
- comience en el C al que está unido un OH;
- numere en dirección al doble enlace;
- elija la numeración que coloque al CH<sub>3</sub> en la posición 5 y no en la posición 6.

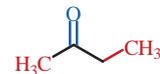
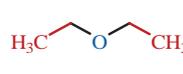
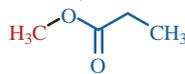


- no se aplican;
- bromo se cita antes que cloro en el nombre y, por tanto, recibe el localizador más bajo.

La numeración correcta es extremadamente importante, porque un solo localizador incorrecto hace imposible que el lector del nombre pueda hallar la estructura correcta.

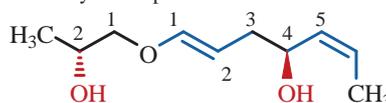
**8 NOMENCLATURA DE CLASE FUNCIONAL**

Los nombres de clase funcional (anteriormente, nombres radicofuncionales) se prefieren para los ésteres y los haluros de ácido. Para otras clases de compuestos (p. ej. éteres, cetonas, sulfóxidos y sulfonas) todavía se emplean los nombres de clase funcional, aunque se prefieren los nombres sustitutivos. Los nombres de clase funcional constan de uno o más nombres de sustituyentes, ordenados alfabéticamente y seguidos del nombre del tipo de compuesto (separados con espacios o la preposición "de"). Por tanto, CH<sub>3</sub>C(O)O-CH<sub>3</sub> se denomina acetato de metilo, ClCH<sub>2</sub>C(O)O-CH<sub>3</sub> es cloroacetato de metilo, CH<sub>3</sub>C(O)-Cl es cloruro de acetilo, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>C(O)-Br es bromuro de benzoílo, y (H<sub>3</sub>C)<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> se denomina dimetil sulfona (o sulfona dimetílica).



**9 ESPECIFICACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LOS ESTEREOISÓMEROS**

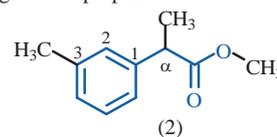
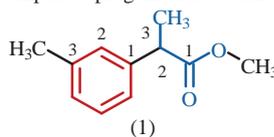
Los estereoisómeros se diferencian entre sí mediante estereodescriptores citados en los nombres y asignados de acuerdo con las reglas de Cahn-Ingold-Prelog (CIP).<sup>9,10</sup> Los descriptores más comunes son los que designan la configuración absoluta de centros estereogénicos tetraédricos (*R/S*) y los que designan la configuración de dobles enlaces (*E/Z*). Los localizadores se agregan para definir las ubicaciones de los centros estereogénicos y el conjunto de descriptores se incluye entre paréntesis.



En casos especiales se utilizan otros estereodescriptores (p. ej. *cis/trans*, *M/P*, *C/A*). Los descriptores sin cursiva *α/β* y *D/L* (versalitas) se usan comúnmente y solo para productos naturales, aminoácidos y carbohidratos.

**10 NOMENCLATURA DEL CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE (CAS)**

El CAS mantiene un registro de sustancias químicas recopiladas de las publicaciones.<sup>11</sup> En el sistema CAS, los compuestos se nombran utilizando métodos similares, pero no idénticos, a los de la IUPAC. La diferencia más destacable es el uso del "CA Index Names", los cuales se citan en el índice en un orden especial inverso que se diseñó para la creación de índices alfabéticos de nombres químicos (NOTA. Se recomienda no alterar esta nomenclatura con traducciones a otros idiomas pues se pierde el valor original del sistema). El CAS utiliza también la nomenclatura conjuntiva, en la cual los compuestos progenitores se combinan para formar un compuesto progenitor nuevo mayor. En el ejemplo, el nombre progenitor conjuntivo es el ácido bencenoacético (nombre sustitutivo correspondiente: ácido fenilacético), mientras que el nombre sustitutivo recomendado por la IUPAC para este ejemplo se basa en el compuesto progenitor de cadena más larga: ácido propanoico.



Nombre IUPAC: 2-(3-metilfenil)propanoato de metilo (1)

Nombre CA: α,3-dimetilbencenoacetato de metilo (2)

(En inglés: methyl α,3-dimethylbenzeneacetate)

En el índice inverso: ácido bencenoacético, α,3-dimetil-, éster de metilo

**11 REPRESENTACIÓN GRÁFICA**

Otras diferencias incluyen la posición de los localizadores y estereodescriptores, así como algunos procedimientos de nomenclatura específicos. Las fórmulas estructurales de los compuestos químicos orgánicos se dibujan generalmente de acuerdo con la convención en zig-zag como se ha ilustrado ampliamente con anterioridad.<sup>12</sup> En esta convención, todos los átomos de carbono (y los átomos de hidrógeno unidos a ellos) unidos al menos a otros dos átomos que no sean hidrógeno se representan por la intersección de dos líneas que representan enlaces. No se deben omitir los átomos de hidrógeno unidos a heteroátomos. En estas representaciones gráficas, cada extremo de una línea, ángulo e intersección representa un átomo de carbono con sus correspondientes hidrógenos. Se utilizan convenciones especiales para representar la configuración de los centros estereogénicos y los dobles enlaces.<sup>13</sup>

<sup>9</sup> R. S. Cahn, C. Ingold, V. Prelog, Specification of Molecular Chirality, *Angew. Chem.* **78**, 413–447 (1966); *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* **5**, 385–415 y 511 (1966).

<sup>10</sup> V. Prelog, G. Helmchen, Basic Principles of the CIP-System and Proposals for a Revision, *Angew. Chem.* **94**, 614–631 (1982); *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* **21**, 567–583 (1982).

<sup>11</sup> Chemical Abstracts Service, <https://www.cas.org>.

<sup>12</sup> J. Brecher *et al.*, Graphical representation standards for chemical structure diagrams, *Pure Appl. Chem.* **80**(2), 277–410 (2008).

<sup>13</sup> J. Brecher *et al.*, Graphical representation of stereochemical configuration, *Pure Appl. Chem.* **78**(10), 1897–1970 (2006).





## **Guía breve para la nomenclatura de polímeros**

Versión en español de marzo de 2022



R. C. Hioms (Francia),\* R. J. Boucher (RU), R. Duhlev (RU), K.-H. Hellwich (Alemania), P. Hodge (RU), A. D. Jenkins<sup>‡</sup> (RU), R. G. Jones<sup>‡</sup> (RU), J. Kahovec (República Checa), G. Moad (Australia), C. K. Ober (EE UU), D. W. Smith (EE UU), R. F. T. Stepto (RU), J.-P. Vairon (Francia), y J. Vohlídal (República Checa). \*C/e: polymer.nomenclature@iupac.org; Organismo patrocinador: División de Polímeros de la IUPAC, Subcomité sobre Terminología de Polímeros. <sup>‡</sup> Fallecidos

Traducido y adaptado por: Efraím Reyes (España), Pascual Román Polo (España) y Leire Ruíz Rubio (España). C/e: leire.ruiz@ehu.es

## 1) Introducción

La adopción universal de una nomenclatura consensuada nunca ha sido más importante para la descripción de estructuras químicas en publicaciones y búsquedas en línea. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, en sus siglas inglesas)<sup>1</sup> y el Servicio de Resúmenes Químicos (CAS, en sus siglas inglesas)<sup>2</sup> hacen recomendaciones similares. Los puntos principales se muestran aquí con hipervínculos a los documentos originales. Se pueden encontrar más detalles en el Libro Púrpura (Purple Book) de la IUPAC.<sup>3</sup>

## 2) Conceptos Básicos

Los términos **polímero** y **macromolécula** no significan lo mismo. Un polímero es una sustancia compuesta de macromoléculas. Estas últimas suelen tener un rango de masas molares (unidad  $\text{g mol}^{-1}$ ), cuyas distribuciones se indican por la **dispersidad** ( $D$ ). Esta se define como la relación entre la masa molar promedio en masa ( $M_w$ ) y la masa molar promedio en número ( $M_n$ ), es decir,  $D = M_w/M_n$ .<sup>4</sup> Los símbolos para cantidades físicas o variables están en *cursiva*, pero los que representan unidades o etiquetas, están en letra redonda.

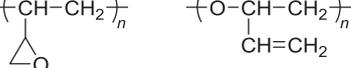
Generalmente, la nomenclatura de polímeros se aplica a representaciones idealizadas; es decir, se ignoran las pequeñas irregularidades estructurales. Un polímero se puede nombrar de dos formas. La nomenclatura **basada en la fuente** se puede utilizar cuando se identifica el **monómero**. Alternativamente, se puede usar una nomenclatura **basada en una estructura** más explícita cuando se conoce la estructura del polímero. Donde no hay confusión, también se **aceptan** algunos nombres tradicionales.

Cualquiera que sea el método que se utilice, todos los nombres de los polímeros tienen el prefijo poli-, seguido de marcas de agrupación alrededor del resto del nombre. Las marcas se utilizan en el orden: {[ ( ) ]}. Los **localizadores** indican la posición de las características estructurales, p. ej., poli(4-cloroestireno). Si un nombre basado en la fuente es una palabra y no tiene **localizadores**, entonces los paréntesis que los encierran no son esenciales, pero deben usarse cuando pueda haber confusión, p. ej., poli(cloroestireno) es un polímero mientras que policloroestireno podría ser una **molécula** pequeña multisustituida. Los **grupos finales** se describen con  $\alpha$ - y  $\omega$ -, p. ej.,  $\alpha$ -cloro- $\omega$ -hidroxi-poliestireno.<sup>3</sup>

## 3) Nomenclatura Basada en la Fuente<sup>5</sup>

### 3.1 Homopolímeros

Un homopolímero se nombra utilizando el nombre del monómero real o supuesto (la "fuente") del que se deriva, p. ej., poli(metil metacrilato). Los monómeros se pueden nombrar utilizando las **recomendaciones de la IUPAC**, o nombres tradicionales bien establecidos. Si surgiera alguna ambigüedad, se pueden agregar **nombres de clases**.<sup>6</sup>

$\left( \text{CH}-\text{CH}_2 \right)_n$        $\left( \text{O}-\text{CH}-\text{CH}_2 \right)_n$   

 Por ejemplo, el nombre basado en la fuente poli(viniloxirano) podría coincidir con cualquiera de las estructuras que se muestran a continuación. Para más claridad, el polímero se nombra utilizando el nombre de la clase del polímero seguido de dos puntos y el nombre del monómero, es decir, nombre de clase:nombre del monómero. Así, las estructuras a izquierda y a derecha son polialqueno:viniloxirano y poliéter:viniloxirano, respectivamente.

### 3.2 Copolímeros<sup>7</sup>

La estructura de un **copolímero** se puede describir utilizando el **conector** más apropiado de los que se muestran en la Tabla 1. Estos se escriben en cursiva.

### 3.3 Polímeros no lineales<sup>5</sup>

Los polímeros y copolímeros no lineales y los conjuntos de polímeros se nombran empleando los descriptores en cursiva de la Tabla 2. El calificador, tal como *branch* (*ramificado*), se utiliza como un prefijo (P) al nombrar un (co)polímero, o como conectivo (C), p. ej., *comb*, entre dos nombres de polímeros.

Tabla 1. Descriptores para copolímeros.<sup>7</sup>

Copolímero	Descriptor	Ejemplo
sin especificar	<i>co</i>	(C) poli(estireno- <i>co</i> -isopreno)
estadístico	<i>stat</i>	(C) poli[isopreno- <i>stat</i> -(metacrilato de metilo)]
aleatorio	<i>ran</i>	(C) poli[(metacrilato de metilo)- <i>ran</i> -(acrilato de butilo)]
alternante	<i>alt</i>	(C) poli[estireno- <i>alt</i> -(anhídrido maleico)]
periódico	<i>per</i>	(C) poli[estireno- <i>per</i> -isopreno- <i>per</i> -(4-vinilpiridina)]
bloque	<i>block</i>	(C) poli(buta-1,3-dieno)- <i>block</i> -poli(eteno- <i>co</i> -propeno)
injerto <sup>a</sup>	<i>graft</i>	(C) poli(estireno- <i>graft</i> -poli(óxido de etileno))

<sup>a</sup> El primer nombre corresponde al de la cadena principal.

Tabla 2. Calificadores para co(polímeros) no lineales y conjuntos de polímeros.<sup>5</sup>

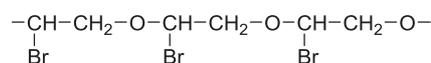
(Co)polímero	Calificador	Ejemplo
mezcla	<i>blend</i>	(C) poli(3-hexiltiofeno)- <i>blend</i> -poliestireno
peine	<i>comb</i>	(C) poli(estireno- <i>comb</i> -poliisopreno)
complejo	<i>compl</i>	(C) poli(2,3-dihidrotieno[3,4- <i>b</i> ][1,4]dioxina)- <i>compl</i> -poli(ácido vinilbencenosulfónico) <sup>3</sup>
cíclico	<i>cyclo</i>	(P) <i>cyclo</i> -poli(estireno- <i>graft</i> -polietileno)
ramificado	<i>branch</i>	(P) <i>branch</i> -poli[(1,4-divinilbenceno)- <i>stat</i> -estireno]
reticulado	<i>net</i>	(C o P) <i>net</i> -poli(fenol- <i>co</i> -formaldehído)
red interpenetrada	<i>ipn</i>	(C) ( <i>net</i> -poliestireno)- <i>ipn</i> -[ <i>net</i> -poli(acrilato de metilo)]
red semi-interpenetrada	<i>sipn</i>	(C) ( <i>net</i> -poliestireno)- <i>sipn</i> -poliisopreno
estrella	<i>star</i>	(P) <i>star</i> -poliisopreno

<sup>a</sup> De acuerdo con la nomenclatura orgánica de la IUPAC, los corchetes encierran localizadores que se refieren a la numeración de los componentes del anillo fusionado.

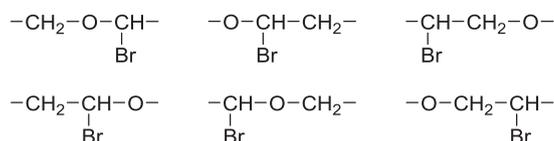
## 4) Nomenclatura Basada en la Estructura

### 4.1 Polímeros orgánicos regulares de cadena simple<sup>8</sup>

En lugar del nombre del monómero utilizado en la nomenclatura basada en la fuente, la nomenclatura basada en la estructura utiliza la de la **unidad de repetición constituyente preferida** (CRU, en sus siglas inglesas). Se puede determinar de la siguiente manera: (i) se dibuja una parte suficientemente grande de la cadena del polímero para mostrar la repetición estructural, p. ej.,



(ii) la porción repetida más pequeña es una CRU, por lo que se identifican todas esas posibilidades. En este caso:



(iii) el siguiente paso es identificar las **subunidades** que componen cada una de estas estructuras, es decir, los **grupos** divalentes más grandes que se pueden nombrar usando la nomenclatura de la IUPAC de **compuestos orgánicos** como los ejemplos que se enumeran en la Tabla 3; (iv) utilizando el camino más corto desde la subunidad de mayor **prioridad** a la siguiente, el orden correcto de las subunidades se determina utilizando la Figura 1; (v) la CRU preferida se elige con el o los localizadores más bajos posibles para los **sustituyentes**.

En el ejemplo anterior, las subunidades oxi en las CRU son cadenas de heteroátomos. De la Figura 1, las subunidades oxi son de mayor prioridad que las subunidades de la cadena de carbono acíclico, de ellas las mayores son las subunidades  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  sustituidas con bromo. El 1-bromoetano-1,2-diilo se elige con preferencia al 2-bromoetano-1,2-diilo ya que el primero tiene un localizador menor para el sustituyente bromo. Por tanto, la CRU preferida es oxi(1-bromoetano-1,2-diilo) y el polímero se denomina así: poli[oxi(1-bromoetano-1,2-diilo)]. Por favor, tenga en cuenta los paréntesis adjuntos alrededor de la subunidad que lleva el sustituyente.

Los polímeros que no están formados por repeticiones **regulares** de una sola CRU se denominan **polímeros irregulares**. Para estos, cada **unidad constituyente** (CU, en sus siglas inglesas) está separada por una barra, p. ej., poli(but-1-eno-1,4-diilo/1-viniletano-1,2-diilo).<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Disponible gratuitamente en: <https://www.iupac.org/>

<sup>2</sup> <https://www.cas.org/>

<sup>3</sup> IUPAC. The "Purple Book", RSC Publishing, (2008).

<sup>4</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **81**, 351–352 (2009).

<sup>5</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **69**, 2511–2521 (1997).

<sup>6</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **73**, 1511–1519 (2001).

<sup>7</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **57**, 1427–1440 (1985).

<sup>8</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **74**, 1921–1956 (2002).

<sup>9</sup> IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **66**, 873–889 (1994).

## Guía Breve para la Nomenclatura de Polímeros

Versión 1.1 (2012)

Tabla 3. Representaciones de grupos divalentes en polímeros.<sup>8</sup>

Nombre	Grupo <sup>a</sup>	Nombre	Grupo <sup>a</sup>
oxi	—O—	propilimino	$\begin{array}{c} \text{—N—} \\   \\ \text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3 \end{array}$
sulfanodiilo	—S—	hidrazina-1,2-diilo	$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \text{—NH—NH—} \end{array}$
sulfonilo	—SO <sub>2</sub> —	ftaloilo	
diazanodiilo	—N=N—	1,4-fenileno	
imino	—NH—	ciclohexano-1,2-diilo	
carbonilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{—C—} \end{array}$	butano-1,4-diilo	—CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> —
oxalilo	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\    \quad    \\ \text{—C—C—} \end{array}$	1-bromoetano-1,2-diilo	$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \text{—CH—CH}_2\text{—} \\   \\ \text{Br} \end{array}$
silanodiilo	—SiH <sub>2</sub> —	1-oxopropano-1,3-diilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{—C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \end{array}$
etano-1,2-diilo	$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \end{array}$	eteno-1,2-diilo	$\begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \text{—CH=CH—} \end{array}$
metileno	—CH <sub>2</sub> —	metilmetileno	$\begin{array}{c} \text{—CH—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

<sup>a</sup> Para evitar la ambigüedad, las líneas onduladas dibujadas perpendiculares al enlace libre, que se usan convencionalmente para indicar valencias libres,<sup>13</sup> generalmente se omiten de las representaciones gráficas en un contexto de polímero.

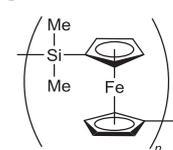
### 4.2 Polímeros orgánicos regulares de doble cadena<sup>10</sup>

Los **polímeros de doble cadena** consisten en cadenas ininterrumpidas de anillos. En un **polímero espiralítico**, cada anillo tiene un **átomo** en común con los anillos adyacentes. En un **polímero de escalera**, los anillos adyacentes tienen dos o más átomos en común. Para identificar la CRU preferida, la cadena se rompe de modo que el anillo de mayor prioridad conserva el máximo número de heteroátomos y el menor número de **valencias** libres.

Un ejemplo es . La CRU preferida es una subunidad acíclica de átomos de **carbono** con 4 valencias libres, una en cada átomo, como se muestra a continuación. Está orientado de modo que el átomo inferior izquierdo tenga el número más bajo. Los localizadores de valencia libre se escriben antes del sufijo, y se citan en el sentido de las agujas del reloj desde la posición inferior izquierda como: inferior izquierda, superior izquierda:superior derecha, inferior derecha. Por tanto, este ejemplo se denomina poli(butano-1,4:3,2-tetrailo). Para estructuras más complejas, el orden de prioridad sigue nuevamente la Figura 1.

### 5) Nomenclatura de Polímeros Inorgánicos e Inorgánicos-Organicos<sup>11</sup>

Algunos **polímeros inorgánicos** de una sola cadena se pueden nombrar como polímeros orgánicos usando las reglas dadas anteriormente, p. ej., {O-Si(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>}<sub>n</sub> y {Sn(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>}<sub>n</sub> se denominan poli[oxi(dimetilsilanodiilo)] y poli(dimetilestannodiilo), respectivamente. Los **polímeros inorgánicos** también se pueden nombrar de acuerdo con la **nomenclatura inorgánica**, pero debe tenerse en cuenta que la prioridad de los **elementos** es diferente a la de la **nomenclatura orgánica**. Sin embargo, ciertos **polímeros inorgánicos-organicos**, por ejemplo, los que contienen derivados de **metaloceno**, actualmente se nombran mejor usando nomenclatura orgánica, por ejemplo, el polímero de la izquierda puede denominarse poli(dimetilsilanodiil)ferroceno-1,1'-diilo].



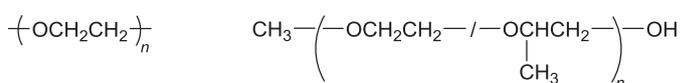
denominarse poli(dimetilsilanodiil)ferroceno-1,1'-diilo].

### 6) Nombres Tradicionales

Cuando encajan en el patrón general de la nomenclatura **sistemática**, se **conservan** algunos nombres tradicionales y triviales de los polímeros de uso común, como polietileno, polipropileno y poliestireno.

### 7) Representaciones Gráficas<sup>12,13</sup>

Los **enlaces** entre átomos se pueden omitir, pero se deben dibujar los guiones para los extremos de las cadenas. No es necesario seguir la prioridad de las subunidades. Para los (co)polímeros de una sola cadena, se dibuja un guion a través de las marcas circundantes, p. ej., poli[oxi(etano-1,2-diilo)] que se muestra abajo a la izquierda. En el caso de polímeros irregulares, las CU están separadas por barras y los guiones se dibujan dentro de las marcas circundantes. Los grupos terminales se conectan mediante guiones adicionales fuera de las marcas que los encierran, por ejemplo, α-metil-ω-hidroxi-poli[oxirano-co-(metiloxirano)], que se muestra a continuación a la derecha.



### 8) Nombres del Índice CA<sup>2</sup>

El Servicio de Resúmenes Químicos mantiene un registro de sustancias. En el sistema CAS, la CRU se denomina unidad de repetición estructural (SRU, en sus siglas inglesas). Existen pequeñas diferencias en la ubicación de los localizadores, p. ej., poli(piridina-3,5-diiltiofeno-2,5-diilo) es poli(3,5-piridinadiil-2,5-tiofenodiilo) en el **registro CAS**, pero por lo demás los polímeros se nombran utilizando **métodos similares** a los de la IUPAC.<sup>14,15</sup> (NOTA. Se recomienda no alterar esta nomenclatura con traducciones a otros idiomas pues se pierde el valor original del sistema).

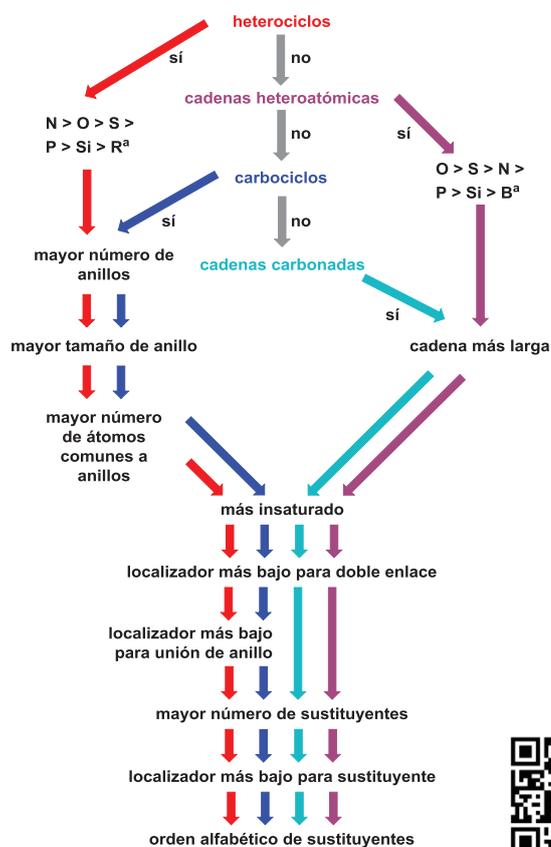


Figura 1. Orden de prioridad de la subunidad. La subunidad prioritaria está en el centro superior. Las subunidades de menor prioridad se encuentran siguiendo las flechas. El tipo de subunidad, ya sea un **heterociclo**, una **cadena heteroatómica**, un **carbociclo**, o una **cadena carbonada**, determina el color de la flecha que sigue. <sup>a</sup> Se pueden colocar otros heteroátomos en estos órdenes como lo indican sus posiciones en la tabla periódica.<sup>8</sup>

Para citar, por favor, utilice: IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **84**, 2167–2169 (2012). La





## **Una guía breve de terminología en polimerizaciones**

Versión en español de septiembre de 2022



Unión Internacional de Química Pura y Aplicada – IUPAC  
División de Polímeros y el Subcomité de Terminología de Polímeros

## Una Guía Breve de Terminología en Polimerizaciones (Informe Técnico de la IUPAC)



Christine K. Luscombe (Japón),\* Graeme Moad (Australia),\* Roger C. Hiorns (Francia), Richard G. Jones (RU), Daniel J. Keddie (RU), John B. Matson (EE.UU.), Jan Merna (República Checa), Tamaki Nakano (Japón), Gregory T. Russell (Nueva Zelanda), Paul D. Topham (RU).

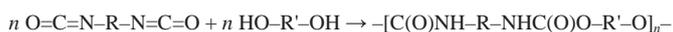
Traducido y adaptado por: Efraim Reyes (España) y Pascual Román Polo (España). C/e: [efraim.reyes@ehu.es](mailto:efraim.reyes@ehu.es)

**1) Introducción.** El uso de terminología coherente para describir **polimerizaciones** es importante para litigios, patentes, investigación y educación. La imprecisión en estas áreas puede ser costosa y confusa. Para hacer frente a esta situación, la Unión Internacional de Química y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés) ha realizado recomendaciones, que se resumen a continuación. Las referencias y los hipervínculos conducen a los documentos fuente. Las sugerencias de pantalla contienen definiciones publicadas en las **recomendaciones de la IUPAC**. También se pueden encontrar más detalles en el **Libro Púrpura de la IUPAC**.<sup>1</sup> Esta guía es parte de una serie sobre **terminología y nomenclatura**.<sup>2</sup>

**2) Definiciones básicas.**<sup>3,4</sup> Una **macromolécula** es una **molécula** de alta masa molar, que consta de **unidades repetidas constitucionales**, y se deriva de moléculas de baja masa molar llamadas **molécula monoméricas**. Un **polímero** es una sustancia compuesta de macromoléculas de masas molares variables. La **dispersión (D)**, que es la relación entre la **masa molar promedio en masa (M<sub>m</sub> o M<sub>w</sub>)** y la **masa molar promedio en número (M<sub>n</sub>)**, es decir,  $D = M_m/M_n$ , se usa para describir la amplitud de la distribución de masa del polímero molar; para un polímero uniforme no hay distribución de masas molares y  $D = 1$ , y los polímeros con mayor dispersión de masa molar tienen distribuciones de masa molar más amplias. Una polimerización es el proceso de convertir monómeros en macromoléculas. Cuando la polimerización involucra **reacciones** entre moléculas de todos los **grados de polimerización (DP)**, por sus siglas en inglés) presentes, el proceso se conoce como una **poliadición** o una **policondensación**. Cuando esto implica la adición secuencial de moléculas de monómero a un sitio activo, el proceso se conoce como **polimerización en cadena**.

**3) Poliadicción y policondensación.**<sup>5,6</sup> Para que ocurran estas polimerizaciones, los monómeros deben poseer al menos dos sitios reactivos, es decir, deben tener una **funcionalidad**  $\geq 2$ . En la poliadicción, los polímeros se forman mediante **reacciones de adición** de moléculas sin generar subproductos de baja masa molar. En la policondensación, los polímeros se forman por **reacciones de condensación**, que producen pequeñas moléculas durante cada **reacción**. Históricamente, la poliadicción y la policondensación se conocían colectivamente como polimerización de crecimiento escalonado. Se desaconseja el uso de este último término.<sup>5</sup>

Un ejemplo de poliadicción es la síntesis de poliuretano a partir de un diisocianato y un diol:



Un ejemplo de policondensación es la síntesis de poliéster:



Las poliadicciones y policondensaciones se pueden realizar utilizando dos monómeros diferentes con **grupos funcionales** mutuamente reactivos (p. ej., monómeros de tipo AA y BB) o con un solo monómero que contiene ambos grupos funcionales (p. ej., monómero de tipo AB).

La masa molar del producto polimérico se puede controlar ajustando las concentraciones de los dos monómeros presentes o introduciendo una molécula monofuncional como un **grupo final**. El DP resultante se puede predecir usando la ecuación de Carothers:

$$X_n = \frac{1+r}{1+r-2rp}$$

donde  $X_n$  es el promedio **numérico DP**;  $r = N_{AA}/N_{BB}$  donde  $N_{AA}$  y  $N_{BB}$  son el número de moléculas de monómero bifuncionales con grupos funcionales A y grupos funcionales B, respectivamente, con B siendo el grupo funcional en exceso; y  $p$  se conoce como la extensión de la reacción ( $p$  representa la fracción de grupos funcionales consumidos respecto a su número inicial). Cuando  $r = 1$ ,  $X_n = 1/(1-p)$ . En el caso de que se añada una molécula monofuncional para controlar la masa molar,  $r = N_{AA}/(N_{BB} + 2N_B)$ , donde  $N_B$  es el número de moléculas monofuncionales. A partir de  $X_n$ , la masa molar promedio numérica esperada se puede calcular usando  $M_n = (X_n \times M_0)/n$ , donde  $M_0$  es la masa molar de la unidad repetida y  $n$  es el número de unidades monoméricas que componen la unidad repetida.

**4) La polimerización en cadena**<sup>6,7,8</sup> es una **reacción en cadena** que comprende la **iniciación**, la **propagación** y, en la mayoría de los casos, la **desactivación de los portadores de cadena**. Si la desactivación irreversible, por **terminación**, **transferencia de cadena** o **inhibición**, está ausente, el proceso es una **polimerización viva**. Siempre que la iniciación en la polimerización viva sea rápida con respecto a la **velocidad** de propagación, entonces:  $X_n$  está cerca del valor [monómero consumido]/[especies de iniciación formadas], la distribución de masa molar se aproxima a la amplitud de una distribución de Poisson, y se conservan los grupos finales y la capacidad de extender la cadena. Cuando la **cadena de desactivación** es reversible, el proceso es una **polimerización de desactivación reversible (RDP)**, por sus siglas en inglés). Las mismas características para  $X_n$  y  $D$  se muestran por RDP cuando los equilibrios de activación-desactivación se establecen rápidamente con respecto a la velocidad de propagación. Las polimerizaciones en cadena pueden llamarse **polimerizaciones controladas** si se controlan la cinética particular (p. ej., velocidad de terminación) o las características estructurales (p. ej.,  $M_n$ ). Es esencial definir los aspectos de la polimerización que se controlan para evitar confusiones al usar este término.

Las polimerizaciones en cadena se dividen según los procesos que ocurren durante la propagación. En la **polimerización en cadena condensativa (CCP)**, por sus siglas en inglés), los pasos de propagación son reacciones de condensación. En la **polimerización por apertura de anillo (ROP)**, por sus siglas en inglés), las unidades repetidas contienen menos anillos que el monómero. En la **ciclopimerización**, las unidades repetidas contienen más anillos que el monómero. En la **polimerización por transferencia de grupo (GTP)**, por sus siglas en inglés), se transfiere un catalizador en cada paso de propagación para permanecer asociado con el **sitio activo**. En la poliinserción, los monómeros se insertan en el sitio activo.

Las polimerizaciones en cadena también se clasifican según el tipo de transportador de cadena o sitio activo:

**(a) La polimerización por radicales**<sup>6,7,8</sup> es una polimerización en cadena en la que los transportadores de cadena son **radicales**. Los iniciadores de radicales típicos son los dialquilazenos y los peróxidos a partir de los cuales la iniciación se facilita por calentamiento o irradiación UV-visible. La terminación se produce por **combinación** de dos **especies de propagación (P<sub>x</sub>' y P<sub>y</sub>' con DP de  $x$  e  $y$ , respectivamente)**, para formar una sola macromolécula con  $\text{DP} = x + y$ , o por **desproporción** para formar dos macromoléculas con DP de  $x$  e  $y$  respectivamente, una con un extremo de cadena insaturado (p. ej.,  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) y la otra con una cadena saturada final (p. ej.,  $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ).  $X_n$  y  $D$  también

dependen de las transferencias de cadena de radicales de monómero, macromolécula, solvente y/o agente específico.

La **polimerización por radicales de desactivación reversible** (RDRP, por sus siglas en inglés) denota una polimerización en cadena en la que los **radicales de propagación** se desactivan reversiblemente, lo que nos lleva a un equilibrio activo-inactivo. Las **cadena de polímeros vivos** comprenden **especies latentes** y **especies de propagación activa**. Las principales categorías de RDRP incluyen la **polimerización mediada por radicales estables** (SRMP, por sus siglas en inglés), incluida la **polimerización (radicalaria) mediada por aminoxilo o nitróxido** (AMRP o NMP, por sus siglas en inglés); la **polimerización por radicales de transferencia atómica** (ATRP, por sus siglas en inglés); la **polimerización por radicales de transferencia degenerada** (DTRP, por sus siglas en inglés), incluida la **polimerización por transferencia de yodo** (ITP, por sus siglas en inglés); y la **polimerización de transferencia de cadena de fragmentación de adición reversible** (RAFT, por sus siglas en inglés).

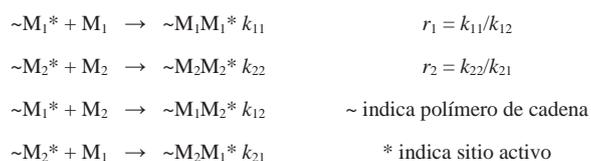
(b) La **polimerización iónica**,<sup>6,8</sup> que incluye la **polimerización aniónica** y la **polimerización catiónica**, es una polimerización en cadena en que los transportadores de cadena son **iones** o **pares de iones**. En la polimerización iónica viva, la terminación de cadena y la transferencia de cadena irreversible están ausentes. La **polimerización iónica de desactivación reversible** (RDIP, por sus siglas en inglés) es una polimerización iónica en la que los transportadores de cadena se desactivan de manera reversible, llevándolos a un **equilibrio** activo-inactivo y, por lo tanto, confieren características vivas a la polimerización, típicamente una **polimerización catiónica de desactivación reversible** (RDCP, por sus siglas en inglés) que implica la formación de pares iónicos reversibles. Por el contrario, la **polimerización de transferencia de grupos aniónicos** es una forma de **polimerización aniónica de desactivación reversible** (RDAP, por sus siglas en inglés), en la que un átomo o grupo específico se transfiere **intramolecularmente** para permanecer asociado con el extremo activo de la cadena durante el curso de la polimerización. Un ejemplo es la polimerización de metacrilato por un sililacetal de cetena,  $(R_3SiO)_2C=CR'_2$ , en presencia de un **catalizador nucleofílico**.

(c) La **polimerización de coordinación**<sup>6,8</sup> es una polimerización en cadena que involucra la **coordinación** preliminar de una molécula de monómero y un transportador de cadena, que invariablemente es un complejo metálico. Dependiendo de la estructura del complejo y del medio de reacción, son posibles tanto la **catálisis** homogénea como la heterogénea. La polimerización de coordinación se utiliza principalmente para la polimerización de **olefinas**. Algunos catalizadores permiten la polimerización de **coordinación estereoespecífica** de 1-alquenos, lo que conduce a la formación de **polímeros isotácticos** y/o **sindiotácticos**. Varias subclases de polimerización de coordinación son la **polimerización de coordinación viva**, la **polimerización de coordinación con desactivación reversible** (RDCP, por sus siglas en inglés), la **polimerización por transporte en cadena** (CSP, por sus siglas en inglés), la **polimerización por desplazamiento en cadena** (CWP, por sus siglas en inglés) y la **polimerización de adición y coordinación mediada por metales de tierras raras** (a veces denominada como polimerización de transferencia de grupo mediada por lantanoideos).

(d) La **polimerización por apertura de anillo** (ROP, por sus siglas en inglés)<sup>6,8</sup> es la polimerización en cadena de un monómero cíclico para producir una unidad repetida que es acíclica o que contiene menos anillos que el monómero cíclico. Los transportadores de cadena pueden ser cualquiera de las especies reactivas citadas anteriormente. Los ejemplos incluyen la **polimerización de apertura de anillo aniónica**, la **polimerización de apertura de anillo catiónica**, y la **polimerización de apertura de anillo de coordinación**. La **polimerización de apertura de anillo por metátesis** (ROMP, por sus siglas en inglés) es una forma de ROP en la que la polimerización de monómeros cíclicos insaturados genera macromoléculas insaturadas.

5) **Copolimerización**.<sup>6,9</sup> La **copolimerización** en cadena es el proceso de formación de un polímero que contiene más de un tipo de monómero, es decir, un **copolímero**, mediante polimerización en cadena. Un copolímero que consta de macromoléculas en las que la distribución secuencial de las unidades monoméricas obedece a leyes estadísticas conocidas se denomina **copolímero estadístico**.

En una copolimerización binaria de monómeros  $M_1$  y  $M_2$ , las **relaciones de reactividad**,  $r_1$  y  $r_2$ , son relaciones de los **coeficientes de velocidad de homopropagación** ( $k_{11}$  o  $k_{22}$ ) y **propagación cruzada** ( $k_{12}$  o  $k_{21}$ ):



$r_1$  y  $r_2$  se pueden utilizar para predecir tanto la composición como la distribución instantánea de las unidades monoméricas dentro de las cadenas poliméricas. Si el producto de  $r_1$  y  $r_2$  es 1, entonces la probabilidad de encontrar una unidad monomérica dada en cualquier sitio dado en una cadena de macromoléculas es

independiente de la naturaleza de las unidades adyacentes y el copolímero se llama **copolímero aleatorio**. Si los valores de  $r_1$  y  $r_2$  están muy cerca de 0, entonces los monómeros  $M_1$  y  $M_2$  se alternarán a lo largo de la cadena de macromoléculas y el polímero se llama **copolímero alterno**. Las copolimerizaciones que forman copolímeros aleatorios o alternos son casos especiales; la copolimerización por radicales normalmente proporciona copolímeros estadísticos.

Si  $r_1$  y  $r_2$  no son el mismo valor, un monómero se consumirá más rápidamente que el otro, lo que conducirá a una variación en la composición de la alimentación de monómero con el grado de reacción y, por lo tanto, en la composición del copolímero. En una copolimerización viva todas las cadenas son idénticas y el producto es un copolímero de gradiente espontáneo, compuesto por macromoléculas que gradualmente se enriquecen en un monómero de un extremo al otro. Para las copolimerizaciones que no poseen los atributos de las polimerizaciones vivas, la variación de la composición en la alimentación de monómero da como resultado una **heterogeneidad en la composición** de las moléculas del copolímero (es decir, más ricas en el monómero  $M_1$  o el monómero  $M_2$ ) dependiendo de si se formaron antes o después en el proceso.

Los copolímeros también se pueden sintetizar usando poliadiciones y policondensaciones: en lugar de al menos uno de los monómeros, se usan dos o más especies, por ejemplo, dos diácidos en la síntesis de poliamida.

6) **La masa molar media frente a la extensión de la reacción**. Hay tres paradigmas básicos para la variación de las masas molares promedio de los polímeros con la conversión: (1) En las polimerizaciones por poliadición y policondensación, la masa molar del polímero aumenta hiperbólicamente con el grado de reacción – como lo describe la ecuación de Carothers – debido a la reacción repetida de grupos reactivos necesarios para formar macromoléculas con un alto grado de polimerización. (2) Por el contrario, las macromoléculas individuales crecen extremadamente rápido en las polimerizaciones en cadena que no son vivas o RDP. (3) En las polimerizaciones que están vivas o tienen características vivas (p. ej., RDRP), la masa molar promedio se acumula progresivamente, idealmente siguiendo una variación lineal en la que el final DP es igual a la relación de concentración inicial entre monómero y la especie que inicia la cadena.

7) **Polimerizaciones homogéneas y heterogéneas**.<sup>6,10</sup> Las polimerizaciones pueden ser homogéneas (en **masa** o disolución) o heterogéneas (**emulsión**, **dispersión**, **precipitación** o **suspensión**). Una alimentación de polimerización en masa consiste únicamente en el(los) monómero(s) y el iniciador o catalizador según sea necesario. Una polimerización en disolución comprende el(los) monómero(s) y el disolvente con iniciador o catalizador según sea necesario. En la polimerización por precipitación, el medio es inicialmente homogéneo pero el polímero es insoluble en el medio y precipita durante la polimerización. Las polimerizaciones por dispersión son similares a las polimerizaciones por precipitación, pero ocurren en presencia de **estabilizadores coloidales** que conducen a partículas de polímero de dimensiones coloidales. Ejemplos de polimerización heterogénea con una fase continua acuosa son la polimerización en suspensión, emulsión, **miniemulsión** y **microemulsión**. Si la fase continua es un disolvente orgánico, el adjetivo "inverso" precede al término.

8) **Arquitectura polimérica**.<sup>11,12,13,14,15</sup> La **forma molecular** de las macromoléculas a menudo se denomina arquitectura polimérica (también se utiliza el término de topología polimérica). Los tipos de arquitectura polimérica comúnmente encontrados incluyen: **lineal**, **ramificado**, **de injerto**, **cíclico**, **de estrella** y **de red**, y se observan tanto para los homopolímeros como para los copolímeros. Cuando un polímero se compone de **bloques** discretos que difieren en la composición, o en la distribución de la composición o la **estereosecuencia**, el polímero se denomina **copolímero en bloque**. Un polímero compuesto por **macromoléculas hiperramificadas**, en el que un número sustancial de las unidades repetidas constitucionales son ramificadas y terminales con algunas **unidades repetidas constitucionales lineales** presentes, se conoce como un **polímero hiperramificado**. Un **dendrítico** se compone de **moléculas de dendrítico** idénticas que consisten en uno o más **dendrones** que se componen exclusivamente de **unidades repetidas constitucionales dendríticas y terminales** que emanan de una sola unidad constitucional. Los polímeros estrella se componen de macromoléculas que contiene un solo **punto de ramificación**, del cual emanan cadenas lineales (brazos). Un polímero de red puede ser 2D o 3D y está compuesto de macromolécula(s) que constan de un gran número de **macrociclos** unidos, cada uno de los cuales tiene al menos tres subcadenas en común con los macrociclos vecinos.

**Bibliografía:** <sup>1</sup>IUPAC. The "Purple Book", RSC Publishing, Cambridge, UK (2008); <sup>2</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **84**, 2167 (2012); <sup>3</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **81**, 351 (2009); <sup>4</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **87**, 71 (2015); <sup>5</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **66**, 2483 (1994); <sup>6</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **80**, 2163 (2008); <sup>7</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **82**, 483 (2010); <sup>8</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **94**, (2022); <sup>9</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **68**, 149 (1996); <sup>10</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **83**, 2229 (2011); <sup>11</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **81**, 1131 (2009); <sup>12</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **88**, 1073 (2016); <sup>13</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **91**, 523 (2019); <sup>14</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **80**, 201 (2008); <sup>15</sup>IUPAC. *Pure Appl. Chem.* **68**, 2287 (1996).





**Un resumen conciso de magnitudes, unidades y símbolos  
en Química Física**

Versión en español de septiembre de 2022



# UNIÓN INTERNACIONAL DE QUÍMICA PURA Y APLICADA

División de Química Física y Biofísica

Un Resumen Conciso de

## Magnitudes, Unidades y Símbolos en Química Física

Preparado para su publicación por Jürgen Stohner y Martin Quack

Traducido y adaptado por Efraim Reyes (España) y Pascual Román Polo (España)

C/e: efrain.reyes@ehu.es

Esta lista pretende ser una referencia rápida de los símbolos utilizados con mayor frecuencia por autores, profesores y estudiantes de química y disciplinas afines. Se basa en la segunda impresión más completa de la tercera edición del Libro Verde de la IUPAC, "Magnitudes, Unidades y Símbolos en Química Física", consulte las referencias al final de este documento.

### 1 Unidades Básicas y Magnitudes Físicas

El valor de una *magnitud física*,  $Q$ , es el producto de un *valor numérico*  $\{Q\}$  y una *unidad*  $[Q]$ ,  $Q = \{Q\} \cdot [Q]$ . Las magnitudes físicas están organizadas en el Sistema Internacional de Magnitudes (ISQ, por sus siglas en inglés) que se basa en siete magnitudes básicas, cada una de las cuales se considera que tiene su propia dimensión. Estas magnitudes básicas en el ISQ en las que se basa el Sistema Internacional de Unidades (SI) se enumeran a continuación junto con sus símbolos, dimensiones y unidades. El símbolo de una magnitud física es una sola letra del alfabeto latino o griego impresa en letra cursiva (inclinada). Puede ser modificado por uno o más subíndices y superíndices de significado específico, o por información contenida entre paréntesis. Los símbolos de las unidades deben estar impresos en letra redonda (vertical). Ninguno de los símbolos debe ir seguido de un punto final. La magnitud física de *cantidad de sustancia*  $n$  es proporcional al número de entidades elementales especificadas  $N$  de una sustancia; las entidades elementales pueden elegirse según convenga, no necesariamente como entidades individuales físicamente reales (por ejemplo, átomos, moléculas, iones, otras partículas o grupos de partículas). El factor de proporcionalidad es el recíproco de

la constante de Avogadro  $N_A$ . La *cantidad de sustancia* no debe llamarse "número de moles".

Ejemplos de relaciones entre *cantidad de sustancia* y otras magnitudes físicas (los valores numéricos son aproximados): 2 moles de  $N_2$  contienen  $12,044 \times 10^{23}$  moléculas de  $N_2$ , la cantidad de  $N_2$  es igual al número de moléculas de  $N_2$  dividido por  $N_A$ ; la masa de 1,5 moles de  $Hg_2Cl_2$  es 708,13 g; 1 mol de fotones con frecuencia  $10^{14}$  Hz tiene una energía de 39,90 kJ; 1 mol de electrones contiene  $6,022 \times 10^{23}$  electrones, tiene una masa de  $5,485 \times 10^{-7}$  kg y una carga de  $-96,48$  kC.

Magnitud Básica		Unidad Básica del SI		
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo	Dimensión
longitud	$l$	metro	m	L
masa	$m$	kilogramo	kg	M
tiempo	$t$	segundo	s	T
corriente eléctrica	$I$	amperio	A	I
temperatura	$T$	kelvin	K	$\Theta$
termodinámica				
cantidad de sustancia	$n$	mol	mol	N
intensidad luminosa	$I_v$	candela	cd	J

### 2 Magnitudes Importantes con Unidades Derivadas del SI y Sus Nombres Especiales y Símbolos

Magnitud derivada	Nombre	Símbolo	Unidad derivada del SI	
			en términos de unidades básicas SI	
ángulo plano	radián	rad	$m \ m^{-1}$	= 1
ángulo sólido	estereorradián	sr	$m^2 \ m^{-2}$	= 1
frecuencia	hercio	Hz	$s^{-1}$	
fuerza	newton	N	$m \ kg \ s^{-2}$	
presión, estrés	pascal	Pa	$N \ m^{-2}$	= $m^{-1} \ kg \ s^{-2}$
energía, trabajo, calor	joule	J	$N \ m$	= $m^2 \ kg \ s^{-2}$
poder, flujo radiante	vatio	W	$J \ s^{-1}$	= $m^2 \ kg \ s^{-3}$
carga eléctrica	coulombio	C	A s	
potencial eléctrico	voltio	V	$J \ C^{-1}$	= $m^2 \ kg \ s^{-3} \ A^{-1}$
resistencia eléctrica	ohm	$\Omega$	$V \ A^{-1}$	= $m^2 \ kg \ s^{-3} \ A^{-2}$
conductancia eléctrica	siemens	S	$\Omega^{-1}$	= $m^{-2} \ kg^{-1} \ s^3 \ A^2$
capacitancia eléctrica	faradio	F	$C \ V^{-1}$	= $m^{-2} \ kg^{-1} \ s^4 \ A^2$
flujo magnético	weber	Wb	$V \ s$	= $m^2 \ kg \ s^{-2} \ A^{-1}$
densidad de flujo magnético	tesla	T	$Wb \ m^{-2}$	= $kg \ s^{-2} \ A^{-1}$
inductancia	henrio	H	$V \ A^{-1} \ s$	= $m^2 \ kg \ s^{-2} \ A^{-2}$
temperatura Celsius	grado Celsius	$^{\circ}C$	K	
flujo luminoso	lumen	lm	cd sr	= cd
iluminancia	lux	lx	$lm \ m^{-2}$	= $cd \ m^{-2}$
actividad, (radiactividad)	becquerel	Bq	$s^{-1}$	
dosis absorbida, kerma	gray	Gy	$J \ kg^{-1}$	= $m^2 \ s^{-2}$
dosis equivalente	sievert	Sv	$J \ kg^{-1}$	= $m^2 \ s^{-2}$
actividad catalítica	katal	kat	$mol \ s^{-1}$	

rad y sr son unidades derivadas de dimensión uno (sin dimensiones). En la práctica, rad y sr pueden usarse u omitirse cuando sea apropiado y no se pierda claridad. rad  $s^{-1}$  o simplemente  $s^{-1}$  es la unidad de frecuencia angular o velocidad angular, esto *no* se puede reemplazar con Hz.

La temperatura Celsius  $t$  con unidad  $^{\circ}C$  se define por  $t/^{\circ}C = T/K - 273,15$ .

El katal debe reemplazar a la "unidad (enzimática) U", con  $1 \ U = 1 \ \mu mol \ min^{-1} \ \approx 16,67 \ nkat$ .

### 3 Prefijos SI

Los prefijos se utilizan para formar nombres y símbolos de múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI. Sus símbolos se imprimirán en letra redonda sin espacio entre el prefijo y el símbolo de la unidad. Los prefijos nunca se utilizarán solos o combinados.

Múltiplo	Prefijo		Múltiplo	Prefijo		Submúltiplo	Prefijo		Submúltiplo	Prefijo	
	Nombre	Símbolo		Nombre	Símbolo		Nombre	Símbolo		Nombre	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y	$10^9$	giga	G	$10^{-1}$	deci	d	$10^{-12}$	pico	p
$10^{21}$	zetta	Z	$10^6$	mega	M	$10^{-2}$	centi	c	$10^{-15}$	femto	f
$10^{18}$	exa	E	$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	mili	m	$10^{-18}$	atto	a
$10^{15}$	peta	P	$10^2$	hecto	h	$10^{-6}$	micro	$\mu$	$10^{-21}$	zepto	z
$10^{12}$	tera	T	$10^1$	deca	da	$10^{-9}$	nano	n	$10^{-24}$	yocto	y

## 4 Símbolos Recomendados para las Magnitudes Físicas de Uso Común

Varias magnitudes físicas tienen más de una entrada en la columna de símbolos por diferentes razones: (1) Los símbolos recogidos se encuentran todos en uso (por ejemplo,  $p$ , ( $P$ ) para presión y  $Q$ ,  $q$  para calor), pero los símbolos entre paréntesis son la segunda opción. (2) Se utilizan diferentes símbolos para la misma magnitud física en diferentes sistemas físicos (por ejemplo, número cuántico de espín electrónico  $s$  para un solo electrón o  $S$  para una colección de electrones). (3) Se recomiendan símbolos alternativos para evitar conflictos en la notación de magnitudes que de otro modo tendrían los mismos símbolos (por ejemplo,  $E_a$  para distinguir la energía de activación de otra energía  $E$  en el mismo contexto). La unidad 1 en la columna de la unidad del SI significa una magnitud adimensional. Una magnitud que es aditiva para subsistemas independientes que no interactúan se llama *extensiva*; ejemplos son masa  $m$ , volumen  $V$ , energía de Gibbs  $G$ . Cuando el símbolo de la magnitud extensiva es una letra mayúscula, el símbolo utilizado para la magnitud

*específica* (que significa *dividida por la masa*) a menudo se corresponde con la letra minúscula (por ejemplo, el volumen específico  $v = V/m$ ). Un subíndice  $m$  detrás del símbolo de la magnitud extensiva indica la correspondiente magnitud *molar* (que significa *dividida por la cantidad de sustancia*) (por ejemplo, el volumen molar  $V_m = V/n$ ). El subíndice  $m$  se puede omitir cuando no haya riesgo de ambigüedad. Los subíndices y superíndices se imprimen en letra redonda excepto cuando son símbolos de magnitudes físicas o variables. Los símbolos de unidades, números, etiquetas, elementos químicos, partículas elementales, operadores matemáticos y representaciones irreducibles de grupos puntuales se imprimen con tipos romanos. Los vectores se imprimen en negrita y cursiva; alternativamente se pueden indicar con una flecha sobre el símbolo.

### 4.1 Espacio y Tiempo

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
coordenadas espaciales cartesianas	$x, y, z$	m
vector de posición	$r$	m
longitud	$l$	m
símbolos especiales:		
altura	$h$	
amplitud	$b$	
grosor	$d, \delta$	
diámetro, distancia	$d$	
radio	$r$	
longitud de paso	$s$	
longitud del arco	$s$	
área	$A, A_s, S$	$m^2$
volumen	$V, (v)$	$m^3$
ángulo plano	$\alpha, \beta, \gamma, \nu, \varphi$	rad, 1
ángulo sólido	$\Omega, (\omega)$	sr, 1
tiempo, duración	$t$	s
periodo	$T$	s
frecuencia	$\nu, f$	Hz, $s^{-1}$
frecuencia angular	$\omega$	rad $s^{-1}$ , $s^{-1}$
...característico	$\tau, T$	s
intervalo de tiempo...		
tiempo de relajación...		
tiempo constante...		
velocidad angular	$\omega$	rad $s^{-1}$ , $s^{-1}$
vector velocidad	$\mathbf{v}, \mathbf{u}, \mathbf{w}, \mathbf{c}, \mathbf{r}$	$m s^{-1}$
velocidad	$v, u, w, c$	$m s^{-1}$
aceleración	$\mathbf{a}$	$m s^{-2}$

### 4.2 Mecánica Clásica

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
masa	$m$	kg
masa reducida	$\mu$	kg
densidad, densidad de masa	$\rho$	$kg m^{-3}$
volumen específico	$v$	$m^3 kg^{-1}$
momento	$p$	$kg m s^{-1}$
momento angular	$L$	J s
momento de inercia	$I, J$	$kg m^2$
fuerza	$F$	N
momento de fuerza, par de torsión	$M, (T)$	N m
energía	$E$	J
energía potencial	$E_p, V, \phi$	J
energía cinética	$E_k, T, K$	J
trabajo	$W, A, \omega$	J
potencia	$P$	W
coordenada generalizada	$q$	(varía)
momento generalizado	$p$	(varía)
función de Lagrange	$L$	J
función de Hamilton	$H$	J
acción	$S$	J s
presión	$p, (P)$	Pa, $N m^{-2}$
tensión superficial	$\gamma, \sigma$	$N m^{-1}$ , $J m^{-2}$
peso	$G, (W, P)$	N
constante gravitacional	$G$	$N m^2 kg^{-2}$

### 4.3 Química General

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
número de entidades	$N$	1
cantidad de sustancia, cantidad, (cantidad química)	$n$	mol
constante de Avogadro	$N_A, L$	$mol^{-1}$
masa del átomo, masa atómica	$m_a, m$	kg
masa de la entidad	$m, m_i$	kg
constante de masa atómica	$m_u$	kg
masa molar	$M$	$kg mol^{-1}$
constante de masa molar	$M_u$	$g mol^{-1}$
masa molecular relativa (masa molar relativa, peso molecular)	$M_r$	1
masa atómica relativa (peso atómico)	$A_r$	1
volumen molar	$V_m$	$m^3 mol^{-1}$
fracción de masa	$\omega$	1
fracción de volumen	$\phi$	1
fracción de mol, fracción de cantidad de sustancia, fracción de cantidad	$x, y$	1
presión (total)	$p, (P)$	Pa
presión parcial de B	$p_B$	Pa
concentración de masa	$\gamma, \rho$	$kg m^{-3}$
concentración de número	$C, n$	$m^{-3}$
concentración (cantidad)	$c, [B]$	$mol m^{-3}$
molalidad	$m, b$	$mol kg^{-1}$
concentración de superficie	$\Gamma$	$mol m^{-2}$
número estequiométrico	$\nu$	1
grado de reacción, avance	$\xi$	mol

### 4.4 Cinética Química

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
velocidad de cambio de cantidad X	$\dot{X}$	$[X] s^{-1}$
de concentración de B (reacción química)	$r_B, v_B$	$mol m^{-3} s^{-1}$
velocidad de conversión	$\xi$	$mol s^{-1}$
velocidad de conversión basada en la concentración de cantidad	$\nu, \nu_c$	$mol m^{-3} s^{-1}$
la concentración de número, (velocidad de reacción)	$\nu, \nu_c$	$m^{-3} s^{-1}$
orden de reacción total	$m, n$	1
constante de velocidad (coeficiente)	$k, k(T)$	$(m^3 mol^{-1})^{m-1} s^{-1}$
vida media	$t_{1/2}$	s
energía de activación (Arrhenius)	$E_A, E_a$	$J mol^{-1}$
entalpía de activación estándar	$\Delta^\ddagger, H^\ddagger$	$J mol^{-1}$
factor pre-exponencial, factor de frecuencia	$A$	$(m^3 mol^{-1})^{m-1} s^{-1}$
sección de colisión transversal	$\sigma$	$m^2$
frecuencia de colisión	$z_A(A)$	$s^{-1}$
factor de frecuencia de colisión	$z_{AB}$	$m^3 mol^{-1} s^{-1}$
rendimiento cuántico	$\Phi, \phi$	1



#### 4.5 Átomos, Moléculas y Espectroscopía

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
número:		
nucleón, masa	$A$	1
protón, atómico	$Z$	1
neutrón	$N$	1
carga electrodébil	$Q_w$	1
constante (de velocidad) de decaimiento	$\lambda, k$	$s^{-1}$
energía de ionización	$E_i, I$	J
afinidad electrónica	$E_{ea}, A$	J
energía de disociación	$E_d, D$	J
número cuántico:		
principal	$n$	1
orbital electrónico	$l, L$	1
-componente	$m_l, M_L$	1
espín electrónico	$s, S$	1
-componente	$m_s, M_S$	1
momento angular total	$J, F, N$	1
-componente	$M_J, M_F, M_N$	1
espín nuclear	$I$	1
-componente	$M_I$	1
vibracional	$v$	1
vibracional interno	$l, j, \pi$	1
momento dipolar magnético	$m, \mu$	$A\ m^2, J\ T^{-1}$
relación giromagnética	$\gamma$	$s^{-1}\ T^{-1}$
factor nuclear g	$g_N$	1
frecuencia angular de Larmor	$\omega_L$	$s^{-1}$
momento cuadrupolar	$Q; \Theta$	$C\ m^2$
longitud de onda	$\lambda$	m
número de onda de transición	$\tilde{\nu}$	$m^{-1}$
término total	$T$	$m^{-1}$
término electrónico	$T_e$	$m^{-1}$
término vibracional	$G$	$m^{-1}$
término rotacional	$F$	$m^{-1}$
constantes rotacionales		
en número de onda	$\tilde{A}; \tilde{B}; \tilde{C}$	$m^{-1}$
en frecuencia	$A; B; C$	Hz

#### 4.6 Electricidad y Magnetismo

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
corriente eléctrica	$I, i$	A
densidad de corriente eléctrica	$j, J$	$A\ m^{-2}$
carga eléctrica	$Q$	C
densidad de carga	$\rho$	$C\ m^{-3}$
potencial eléctrico	$V, \phi$	$V, J\ C^{-1}$
diferencia de potencial eléctrico, tensión eléctrica	$U, \Delta V, \Delta \phi$	V
fuerza del campo eléctrico	$E$	$V\ m^{-1}$
desplazamiento eléctrico	$D$	$C\ m^{-2}$
capacitancia	$C$	$F, C\ V^{-1}$
permitividad	$\epsilon$	$F\ m^{-1}$
permitividad relativa	$\epsilon_r$	1
polarización dieléctrica	$P$	$C\ m^{-2}$
susceptibilidad eléctrica	$\chi_e$	1
momento dipolar eléctrico	$p, \mu$	C m
densidad de flujo magnético	$B$	T
flujo magnético	$\phi$	Wb
fuerza del campo magnético	$H$	$A\ m^{-1}$
permeabilidad	$\mu$	$N\ A^{-2}, H\ m^{-1}$
permeabilidad relativa	$\mu_r$	1
magnetización	$M$	$A\ m^{-1}$
susceptibilidad magnética	$\chi, \kappa, (\chi_m)$	1
susceptibilidad magnética molar	$\chi_m$	$m^3\ mol^{-1}$
resistencia eléctrica	$R$	$\Omega$
conductancia	$G$	S
resistividad	$\rho$	$\Omega\ m$
conductividad	$\kappa, \gamma, \sigma$	$S\ m^{-1}$
autoinductancia	$L$	$H, V\ s\ A^{-1}$
vector de potencial magnético	$A$	$Wb\ m^{-1}$
vector de Poynting	$S$	$W\ m^{-2}$

#### 4.7 Termodinámica (Estadística)

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
calor	$Q, q$	J
trabajo	$W, w$	J
energía interna	$U$	J
entalpía	$H$	J
temperatura		
termodinámica	$T, (\Theta)$	K
Internacional	$T_{90}$	K
Celsius	$\theta, t$	$^{\circ}C$
entropía	$S$	$J\ K^{-1}$
energía de Helmholtz	$A, F$	J
energía de Gibbs	$G$	J
capacidad calorífica	$C_p, C_v$	$J\ K^{-1}$
relación $C_p/C_v$	$\gamma, (\kappa)$	1
coeficiente de Joule-Thomson	$\mu, \mu_{JT}$	$K\ Pa^{-1}$
compresibilidad	$\kappa$	$Pa^{-1}$
coeficiente de expansión cúbico	$\alpha, \alpha_v, \gamma$	$K^{-1}$
potencial químico	$\mu$	$J\ mol^{-1}$
energía de Gibbs estándar de reacción	$\Delta_r G^{\ominus}$	$J\ mol^{-1}$
reacción de afinidad	$A, \mathcal{A}$	$J\ mol^{-1}$
fugacidad	$f, \tilde{p}$	Pa
coeficiente de fugacidad	$\phi$	1
constante de la ley de Henry	$k_H$	Pa
actividad (relativa)	$a$	1
coeficiente de actividad		
referido a la ley de Raoult	$f$	1
referido a la ley de Henry		
basado en la molalidad	$\gamma_m$	1
basado en la concentración	$\gamma_c$	1
basado en la fracción molar	$\gamma_x$	1
coeficiente osmótico		
basado en la molalidad	$\phi_m$	1
basado en la fracción molar	$\phi_x$	1
presión osmótica	$\Pi$	Pa
cociente de reacción	$Q$	1
constante de equilibrio		
estándar	$K^{\ominus}, K$	1
basado en la presión	$K_p$	$Pa^{2\nu_b}$
basado en la concentración	$K_c$	$(mol\ m^{-3})^{\Sigma \nu_b}$
basado en la molalidad	$K_m$	$(mol\ kg^{-1})^{\Sigma \nu_b}$
densidad de estados	$\rho(E, J, \dots)$	$J^{-1}$
peso estadístico, degeneración	$g, d, W, \omega, \beta$	1
función de partición		
molécula única	$q, z$	1
ensamble canónico, (sistema, ensamblaje)	$Q, Z$	1
microcanónico	$\Omega, z, Z$	1
gran canónico	$\Xi$	1
número de simetría	$\sigma, s$	1
temperatura característica	$\Theta, \theta$	K

#### 4.8 Electroquímica

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
número de carga de un ion	$z$	1
potencial de electrodo	$E, U$	V
estándar	$E^{\ominus}$	V
potencial de celda	$E_{cell}$	V
potencial electroquímico	$\tilde{\mu}_i^{\ominus}$	$J\ mol^{-1}$
sobrepotencial	$\eta, E_{\eta}$	V
medio iónico		
actividad	$a_{\pm}$	1
coeficiente de actividad	$\gamma_{\pm}$	1
molalidad	$m_{\pm}$	$mol\ kg^{-1}$
concentración	$c_{\pm}$	$mol\ kg^{-3}$
fuerza iónica		
basada en la molalidad	$I_m, I$	$mol\ kg^{-1}$
basada en la concentración	$I_c, I$	$mol\ kg^{-3}$
pH	pH	1
número de electrones de una reacción electroquímica	$z, n$	1
potencial electrocinético	$\zeta$	V
conductividad iónica molar	$\lambda$	$S\ m^2\ mol^{-1}$
conductividad molar	$\Lambda$	$S\ m^2\ mol^{-1}$
número de transporte	$t$	1
movilidad eléctrica	$u, (m)$	$m^2\ V^{-1}\ s^{-1}$

## 4.9 Radiación Electromagnética

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
energía radiante	$Q, W$	J
intensidad radiante	$I_e$	$W\ sr^{-1}$
emisividad, emitancia	$\varepsilon$	1
absorbancia	$\alpha$	1
reflectancia	$\rho, R$	1
transmitancia	$\tau, T$	1
coeficiente de absorción, decádico (lineal)	$a, K$	$m^{-1}$
neperiano (lineal)	$\alpha$	$m^{-1}$
molar (decádico)	$\varepsilon$	$m^2\ mol^{-1}$
molar (neperiano)	$\kappa$	$m^2\ mol^{-1}$
índice de refracción	$n$	1
refracción molar	$R$	$m^3\ mol^{-1}$
ángulo de rotación óptica	$\alpha$	1, rad
absorbancia (decádico)	$A_{10}$	1
absorbancia (neperiano)	$A_e$	1
sección transversal de absorción neta	$\sigma_{net}$	$m^2$
sección transversal de absorción (red integrada)	$G_{net}$	$m^2$

## 4.10 Propiedades de Transporte

Magnitud Física	Símbolo	Unidad SI
flujo de masa $m$	$q_m$	$kg\ s^{-1}$
flujo de calor	$\Phi, P$	W
densidad de flujo de calor	$J_q$	$W\ m^{-2}$
densidad de flujo de masa	$J_m$	$kg\ m^{-2}\ s^{-1}$
conductividad térmica	$\lambda, k$	$W\ m^{-1}\ K^{-1}$
coeficiente de transferencia de calor	$h, (k, K, \alpha)$	$W\ m^{-2}\ K^{-1}$
difusividad térmica	$a$	$m^2\ s^{-1}$
coeficiente de difusión	$D$	$m^2\ s^{-1}$
coeficiente de difusión térmica	$D^T$	$m^2\ K^{-1}\ s^{-1}$
viscosidad	$\eta$	Pa s
viscosidad cinemática	$\nu$	$m^2\ s^{-1}$

## 5 Unidades Fuera del SI

### 5.1 Unidades Aceptadas para Usar con el SI

Las siguientes unidades no son parte del SI, pero son reconocidas por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM, por sus siglas en francés) que continuarán utilizándose en contextos apropiados.

Magnitud Física	Unidad	Símbolo	Valor en Unidades SI
tiempo	minuto	min	60 s
tiempo	hora	h	3600 s
tiempo	día	d	86 400 s
ángulo plano	grado	$^\circ, \text{deg}$	$(\pi/180)\ \text{rad}$
volumen	litro	l, L	$10^{-3}\ m^3$
masa	tonelada	t	$10^3\ kg$
energía	electronvoltio	eV	$1,602\ 18 \times 10^{-19}\ J$
masa	dalton, unidad de masa atómica unificada	Da, u	$1,660\ 54 \times 10^{-27}\ kg$
longitud	milla náutica	M	1852 m
	unidad astronómica	ua	$1,495\ 98 \times 10^{11}\ m$

### 5.2 Otras Unidades

Estas unidades se usan todavía en la bibliografía antigua, aunque se desaconseja su uso. Se enumeran aquí sólo para facilitar su identificación y conversión a unidades SI.

Magnitud Física	Unidad	Símbolo	Valor en Unidades SI
longitud	ångstrom	Å	$10^{-10}\ m$
fuerza	dina	dyn	$10^{-5}\ N$
presión	atmósfera estándar	atm	101 325 Pa
	torr (mmHg)	Torr	133,322 Pa
energía	erg	erg	$10^{-7}\ J$
	caloría, termoquímica	cal <sub>th</sub>	4,184 J
densidad de flujo magnético	gauss	G	$10^{-4}\ T$
momento dipolar eléctrico	debye	D	$3,335\ 64 \times 10^{-30}\ C\ m$
viscosidad	poise	P	$10^{-1}\ N\ s\ m^{-2}$
viscosidad cinemática	stokes	St	$10^{-4}\ m^2\ s^{-1}$

## 6 Valores de Algunas Constantes Fundamentales

Los valores han sido tomados de Mohr *et al.* (2006) y Amsler *et al.* (2008).

Magnitud Física	Símbolo	Valor en unidades SI
velocidad de la luz*	$c_0, c$	$299\ 792\ 458\ m\ s^{-1}$
constante:		
masa atómica	$m_u$	$1,660\ 538\ 782(83) \times 10^{-27}\ kg$
eléctrica	$e_0$	$8,854\ 187\ 817... \times 10^{-12}\ F\ m^{-1}$
estructura fina $\alpha$	$\alpha^{-1}$	137,035 999 676(94)
primera radiación	$c_1$	$3,741\ 771\ 18(19) \times 10^{-16}\ W\ m^2$
aceleración estándar*	$g_n$	$9,806\ 65\ m\ s^{-2}$
magnética*	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}\ H\ m^{-1}$
gas molar	$R$	$8,314\ 472(15)\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
segunda radiación	$c_2$	$1,438\ 775\ 2(25) \times 10^{-2}\ m\ K$
Avogadro	$N_A, L$	$6,022\ 141\ 79(30) \times 10^{23}\ mol^{-1}$
Boltzmann	$k, k_B$	$1,380\ 650\ 4(24) \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$
Faraday	$F$	$9,648\ 533\ 99(24) \times 10^4\ C\ mol^{-1}$
acoplamiento de Fermi	$G_F$	$1,166\ 37(1) \times 10^{-5}\ GeV^{-2}$
Planck	$h$	$6,626\ 068\ 96(33) \times 10^{-34}\ J\ s$
Rydberg	$R_\infty$	$1,097\ 373\ 156\ 852\ 7(73) \times 10^7\ m^{-1}$
Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5,670\ 400(40) \times 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$
ángulo de mezcla débil $\theta_w$	$\sin^2\theta_w$	0,222 55(56)
carga elemental	$e$	$1,602\ 176\ 487(40) \times 10^{-19}\ C$
masa del electrón	$m_e$	$9,109\ 382\ 15(45) \times 10^{-31}\ kg$
masa del protón	$m_p$	$1,672\ 621\ 673(83) \times 10^{-27}\ kg$
masa del neutrón	$m_n$	$1,674\ 927\ 211(84) \times 10^{-27}\ kg$
escala cero de Celsius*		273,15 K
punto triple (H <sub>2</sub> O)*		273,16 K
volumen molar (gas ideal, $t = 0\ ^\circ C$ )	$V_m$	
$p = 100\ kPa$		$22,710\ 981(40)\ dm^3\ mol^{-1}$
$p = 101,325\ kPa$		$22,413\ 996(39)\ dm^3\ mol^{-1}$
radio de Bohr	$a_0$	$5,291\ 772\ 085\ 9(36) \times 10^{-11}\ m$
energía de Hartree	$E_h$	$4,359\ 743\ 94(22) \times 10^{-18}\ J$
magnetón de Bohr	$\mu_B$	$9,274\ 009\ 15(23) \times 10^{-24}\ J\ T^{-1}$
magnetón nuclear	$\mu_N$	$5,050\ 783\ 24(13) \times 10^{-27}\ J\ T^{-1}$

\*Estas magnitudes se definen y por lo tanto no tienen incertidumbre.

## 7 Bibliografía

E.R. Cohen, T. Cvitaš, J.G. Frey, B. Holmström, K. Kuchitsu, R. Marquardt, I. Mills, F. Pavese, M. Quack, J. Stohner, H.L. Strauss, M. Takami, A.J. Thor, *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, 3rd Edition, 3rd Printing, IUPAC & Royal Society of Chemistry, Cambridge (2011).

P.J. Mohr, N.B. Taylor, D.B. Newell, *Rev. Mod. Phys.* **80**, 633-730 (2006); constantes físicas fundamentales en línea en: <http://physics.nist.gov/constants>.

CGPM. *Le Système International d'Unités (SI)*, Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, 8<sup>th</sup> French and English Edition (2006).

*ISO Standards Handbook 2. Quantities and units*, ISO, Geneva (1993).

C. Amsler *et al.*, *Phys. Lett. B* **667**, 1-1340 (2008); propiedades de las partículas en línea en <http://pdg.lbl.gov>.

Los comentarios son bienvenidos y pueden enviarse a:

juergen.stohner@zhaw.ch  
www.zhaw.ch/~sthj  
Prof. Dr. Jürgen Stohner  
ZHAW Zürich University for Applied Sciences

quack@ir.phys.chem.ethz.ch  
www.ir.ethz.ch

Prof. Dr. Martin QuackETH Zürich

**Nota de los traductores:** se ha empleado únicamente tipografía "Times" o "Symbol" para los "Símbolos" recogidos en este documento.





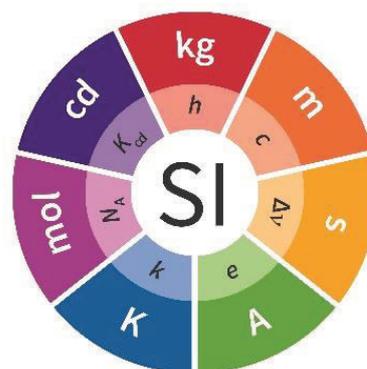
## **Un resumen conciso del Sistema Internacional de Unidades, SI**

Versión en español de septiembre de 2022

# SI

## Un resumen conciso del Sistema Internacional de Unidades, SI

*La metrología es la ciencia de la medición y su aplicación. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de la medición, cualquiera que sea la incertidumbre de medición y el campo de aplicación.*



La Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM, por sus siglas en francés) fue establecida por el Artículo 1 de la Convención del Metro, que se firmó el 20 de mayo de 1875. Está encargada de proporcionar la base para un sistema único y coherente de medidas para ser utilizado en todo el mundo y opera bajo la autoridad del Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM, en sus siglas en francés). El sistema métrico decimal, que data de la época de la Revolución Francesa, se basó en 1799 en el metro y el kilogramo. Según los términos de la Convención del Metro, la primera Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM, en sus siglas en francés) fabricó y adoptó formalmente nuevos prototipos internacionales del metro y el kilogramo en 1889. En 1960, la 11ª CGPM definió y estableció formalmente el Sistema Internacional de Unidades (SI). Desde entonces, el SI se ha actualizado periódicamente para tener en cuenta los avances científicos y la necesidad de realizar mediciones en nuevos dominios. La última revisión importante fue adoptada por la 26ª CGPM (2018), que decidió que el SI se basaría en los valores numéricos fijos de un conjunto de siete **constantes definitorias** a partir de las cuales se deducirían las definiciones de las siete unidades base del SI. Este documento es un resumen del **Folleto SI**, una publicación producida por el BIPM, que da una explicación detallada del estado actual del SI.

El SI es el sistema de unidades en el que:

- la frecuencia de transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio  $133 \Delta\nu_{\text{Cs}}$  es 9 192 631 770 Hz,
- la velocidad de la luz en el vacío es 299 792 458 m/s,
- la constante de Planck  $h$  es  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$  J s,
- la carga elemental  $e$  es  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$  C,
- la constante de Boltzmann  $k$  es  $1,380\,649 \times 10^{-23}$  J/K,
- la constante de Avogadro  $N_{\text{A}}$  es  $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>,
- la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  Hz,  $K_{\text{cd}}$ , es de 683 lm/W,

donde el hercio, julio, culombio, lumen y vatio, con símbolos Hz, J, C, lm y W, respectivamente, están relacionados con las unidades segundo, metro, kilogramo, amperio, kelvin, mol y candela, con símbolos s, m, kg, A, K, mol y cd, respectivamente, de acuerdo con  $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$ ,  $\text{J} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ ,  $\text{C} = \text{A s}$ ,  $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$  y  $\text{W} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$ .

Estas definiciones especifican el valor numérico exacto de cada constante cuando su valor se expresa en la unidad SI correspondiente. Al fijar el valor numérico exacto la unidad queda definida, ya que el producto del **valor numérico** y la **unidad** tiene que ser igual al **valor** de la constante, que es invariante.

Las constantes definitorias se eligieron de tal manera que, cuando se toman en conjunto, sus unidades cubren todas las unidades del SI. En general, no existe una correspondencia biunívoca entre las constantes definitorias y las unidades básicas del SI, excepto para la frecuencia del cesio  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$  y la constante de Avogadro  $N_{\text{A}}$ . Cualquier unidad SI es un producto de potencias de estas siete constantes y un factor adimensional.

Por ejemplo: usando  $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$ , un metro se puede derivar de la velocidad de la luz  $c$  y la frecuencia del cesio  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ,

$$1 \text{ m} = \left( \frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}} \approx 30,663\,319 \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

El concepto de unidades base y unidades derivadas se utilizó para definir el SI hasta 2018. Estas categorías, aunque ya no son esenciales en el SI, se mantienen en vista de su conveniencia y uso generalizado. Las definiciones de las unidades básicas, que se derivan de la definición del SI en términos de las siete constantes definitorias, se dan en la Tabla 1.

Tabla 1. Las siete unidades básicas del SI

Magnitud	Unidad SI
tiempo	El <b>segundo</b> , símbolo s, es la unidad de tiempo del SI. Se define tomando el valor numérico fijo de la frecuencia del cesio $\Delta\nu_{Cs}$ la frecuencia de transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio 133, que será 9 192 631 770 cuando se exprese en la unidad Hz, que es igual a $s^{-1}$ .
longitud	El <b>metro</b> , símbolo m, es la unidad de longitud del SI. Se define tomando el valor numérico fijo de la velocidad de la luz en el vacío $c$ igual a 299 792 458 cuando se expresa en la unidad $m s^{-1}$ , donde el segundo se define en términos de $\Delta\nu_{Cs}$ .
masa	El <b>kilogramo</b> , símbolo kg, es la unidad de masa del SI. Se define tomando el valor numérico fijo de la constante de Planck $h$ como $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ cuando se expresa en la unidad J s, que es igual a $kg m^2 s^{-1}$ , donde el metro y el segundo se definen en términos de $c$ y $\Delta\nu_{Cs}$ .
corriente eléctrica	El <b>amperio</b> , el símbolo A, es la unidad de corriente eléctrica del SI. Se define tomando el valor numérico fijo de la carga elemental $e$ como $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ cuando se expresa en la unidad C, que es igual a A s, donde la segunda se define en términos de $\Delta\nu_{Cs}$ .
temperatura termodinámica	El <b>kelvin</b> , símbolo K, es la unidad de temperatura termodinámica del SI. Se define tomando el valor numérico fijo de la constante de Boltzmann $k$ como $1,380\,649 \times 10^{-23}$ cuando se expresa en la unidad $J K^{-1}$ , que es igual a $kg m^2 s^{-2} K^{-1}$ , donde el kilogramo, metro y segundo se definen en términos de $h$ , $c$ y $\Delta\nu_{Cs}$ .
cantidad de sustancia	El <b>mol</b> , símbolo mol, es la unidad de cantidad de sustancia del SI. Un mol contiene exactamente $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de la constante de Avogadro, $N_A$ , cuando se expresa en la unidad $mol^{-1}$ y se denomina número de Avogadro. La cantidad de sustancia, símbolo $n$ , de un sistema es una medida del número de entidades elementales especificadas. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo específico de partículas.
intensidad luminosa	La <b>candela</b> , símbolo cd, es la unidad de intensidad luminosa del SI en una dirección dada. Se define tomando el valor numérico fijo de la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia $540 \times 10^{12}$ Hz, $K_{cd}$ , será 683 cuando se exprese en la unidad $lm W^{-1}$ , que es igual a $cd sr W^{-1}$ , o $cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3$ , donde se definen el kilogramo, el metro y el segundo en términos de $h$ , $c$ y $\Delta\nu_{Cs}$ .

Las demás magnitudes pueden llamarse “magnitudes derivadas” y se miden usando unidades derivadas, que pueden escribirse como productos de potencias de unidades base. Veintidós unidades derivadas reciben un nombre especial, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Unidades derivadas con nombres especiales en el SI

Magnitud derivada	Nombre de la unidad derivada	Símbolo de la unidad	Expresión en términos de otras unidades
ángulo plano	radián	rad	m/m
ángulo sólido	estereorradián	sr	$m^2/m^2$
frecuencia	hercio	Hz	$s^{-1}$
fuerza	newton	N	$kg m s^{-2}$
presión, estrés	pascal	Pa	$N/m^2 = kg m^{-1} s^{-2}$
energía, trabajo, cantidad de calor	julio	J	$N m = kg m^2 s^{-2}$
potencia, flujo radiante	vatio	W	$J/s = kg m^2 s^{-3}$
carga eléctrica	culombio	C	A s
diferencia de potencial eléctrico	voltio	V	$W/A = kg m^2 s^{-3} A^{-1}$
capacitancia	faradio	F	$C/V = kg^{-1} m^{-2} s^4 A^2$
resistencia eléctrica	ohmio	$\Omega$	$V/A = kg m^2 s^{-3} A^{-2}$
conductancia eléctrica	siemens	S	$A/V = kg^{-1} m^{-2} s^3 A^2$
flujo magnético	weber	Wb	$V s = kg m^2 s^{-2} A^{-1}$
densidad de flujo magnético	tesla	T	$Wb/m^2 = kg s^{-2} A^{-1}$
inductancia	henrio	H	$Wb/A = kg m^2 s^{-2} A^{-2}$
temperatura en grados Celsius	grado Celsius	$^{\circ}C$	K
flujo luminoso	lumen	$lm = cd sr$	cd sr
iluminancia	lux	$lx = cd sr m^{-2}$	$lm/m^2$
actividad referida a un radionucleido	becquerel	Bq	$s^{-1}$
dosis absorbida, kerma	gray	Gy	$J/kg = m^2 s^{-2}$
dosis equivalente	sievert	Sv	$J/kg = m^2 s^{-2}$
actividad catalítica	katal	kat	$mol s^{-1}$



Aunque el hercio y el becquerel son ambos iguales al segundo recíproco, el hercio se usa solo para fenómenos periódicos y el becquerel se usa solo para procesos estocásticos en la desintegración radiactiva.

La unidad de temperatura Celsius es el grado Celsius, °C, que es igual en magnitud al grado kelvin, K, la unidad de temperatura termodinámica. La magnitud de temperatura Celsius,  $t$ , está relacionada con la temperatura termodinámica  $T$  mediante la ecuación  $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$ .

El sievert también se utiliza para las magnitudes “dosis equivalente direccional” y “dosis equivalente personal”.

Hay muchas más magnitudes que unidades. Para cada magnitud, solo hay una unidad SI (aunque esto a menudo se puede expresar de diferentes maneras usando los nombres especiales), mientras que la misma unidad SI se puede usar para expresar los valores de varias magnitudes diferentes (por ejemplo, la unidad SI J/K puede usarse para expresar el valor tanto de la capacidad calorífica como de la entropía). Por lo tanto, es importante no utilizar la unidad sola para especificar la magnitud. Esto se aplica tanto a los textos científicos como a los instrumentos de medición (es decir, la lectura de un instrumento debe indicar tanto la magnitud en cuestión como la unidad).

Hay magnitudes con la unidad uno, 1, es decir, relaciones de dos cantidades del mismo tipo. Por ejemplo, el índice de refracción es la relación entre dos velocidades y la permitividad relativa es la relación entre la permitividad de un medio dieléctrico y la del espacio vacío. También hay magnitudes con carácter de conteo, por ejemplo, el número de entidades celulares o biomoleculares. Estas magnitudes también tienen la unidad uno. La unidad uno es por naturaleza un elemento de cualquier sistema de unidades. Por lo tanto, las magnitudes con la unidad uno pueden considerarse trazables al SI. Sin embargo, al expresar los valores de magnitudes adimensionales, no se escribe la unidad 1.

### Múltiplos decimales y submúltiplos de las unidades SI

Se ha adoptado un conjunto de prefijos para usar con las unidades SI con el fin de expresar los valores de magnitudes que son mucho mayores o mucho menores que la unidad SI cuando se usan sin ningún prefijo. Se pueden utilizar con cualquier unidad SI. Los prefijos SI se enumeran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Los prefijos SI**

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
$10^1$	deca	da	$10^{-1}$	deci	d
$10^2$	hecto	h	$10^{-2}$	centi	c
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	milli	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	n
$10^{12}$	tera	T	$10^{-12}$	pico	p
$10^{15}$	peta	P	$10^{-15}$	femto	f
$10^{18}$	exa	E	$10^{-18}$	atto	a
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-21}$	zepto	z
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-24}$	yocto	y

Cuando se utilizan los prefijos, el nombre del prefijo y el nombre de la unidad se combinan para formar una sola palabra. De manera similar, el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad se escriben sin ningún espacio para formar un solo símbolo, que puede elevarse a cualquier potencia. Por ejemplo, podemos escribir: kilómetro, km; microvoltio,  $\mu\text{V}$ ; o femtosegundo, fs.

Cuando las unidades SI se usan sin prefijos, el conjunto de unidades resultante se describe como **coherente** en el siguiente sentido: cuando solo se usan unidades coherentes, las ecuaciones entre los valores numéricos de las magnitudes toman exactamente la misma forma que las ecuaciones entre las mismas magnitudes. El uso de un conjunto coherente de unidades tiene ventajas técnicas, por ejemplo, en cálculo algebraico (consulte el Folleto SI).

El kilogramo, kg, es problemático porque el nombre ya incluye un prefijo, por razones históricas. Los múltiplos y submúltiplos del kilogramo se escriben combinando prefijos con el gramo: así escribimos miligramo, mg, no microkilogramo,  $\mu\text{kg}$ .

### Unidades fuera del SI

El SI es el único sistema de unidades reconocido universalmente, por lo que tiene una clara ventaja para establecer un diálogo internacional. El uso del SI, como sistema estándar de unidades, simplifica la enseñanza de las ciencias. Por estas razones, se recomienda el uso de unidades SI en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Otras unidades, es decir, unidades que no pertenecen al SI, generalmente se definen en términos de unidades SI utilizando factores de conversión.

No obstante, algunas unidades ajenas al SI todavía se utilizan ampliamente. Unas pocas, tales como el minuto, la hora y el día como unidades de tiempo, siempre se utilizarán porque forman parte de nuestra cultura. Otras se utilizan por razones históricas, para satisfacer las necesidades de grupos de interés especiales o porque no existe una alternativa conveniente al SI. Siempre será prerrogativa de un científico utilizar las unidades que se consideren más adecuadas para el propósito. Sin embargo, cuando se utilizan unidades que no pertenecen al SI, siempre se debe citar la correspondencia con el SI. En la Tabla 4 se incluye una selección de unidades que no pertenecen al SI con sus factores de conversión al SI. Para obtener una lista más completa, consulte el Folleto de SI.

**Tabla 4. Una selección de unidades ajenas al SI**

Magnitud	Unidad	Símbolo	Relación con el SI
tiempo	minuto	min	1 min = 60 s
tiempo	hora	h	1 h = 3600 s
tiempo	día	d	1 d = 86 400 s
volumen	litro	L or l	1 L = 1 dm <sup>3</sup>
masa	tonelada	t	1 t = 1000 kg
energía	electronvoltio (e/C) J	eV	1 eV = 1.602 176 634 x 10 <sup>-19</sup> J

Cuando las unidades llevan el nombre de una persona, su símbolo debe comenzar con una letra mayúscula (por ejemplo: amperio, A; kelvin, K; hertz, Hz; o coulomb, C). En todos los demás casos, excepto el litro, comienzan con una letra minúscula (por ejemplo: metro, m; segundo, s; o mol, mol). El símbolo del litro es una excepción; Se puede usar una letra minúscula “l” o una mayúscula “L”, en este caso se permite la mayúscula para evitar confusiones entre la letra minúscula l y el número uno, 1.

#### El lenguaje de la ciencia: usar el SI para expresar los valores de las magnitudes

El valor de una magnitud se escribe como el producto de un número y una unidad. El número que multiplica la unidad es el valor numérico de la magnitud en esa unidad. Siempre se deja un solo espacio entre el número y la unidad. El valor numérico depende de la elección de la unidad, por lo que el mismo valor de una magnitud puede tener diferentes valores numéricos cuando se expresa en diferentes unidades, como en los ejemplos que se facilitan a continuación.

La velocidad de una bicicleta es aproximadamente

$$v = 5,0 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h.}$$

La longitud de onda de una de las líneas amarilla del doblete del sodio es

$$\lambda = 5,896 \times 10^{-7} \text{ m} = 589,6 \text{ nm.}$$

Los símbolos de la magnitud se escriben en cursiva (inclinada) y generalmente son letras individuales del alfabeto latino o griego. Se pueden usar letras mayúsculas o minúsculas, y se puede agregar información adicional sobre la magnitud como subíndice o entre paréntesis como información.

Autoridades como la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) y uniones científicas internacionales como la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés) han especificado símbolos recomendados para muchas magnitudes. Ejemplos incluyen:

<i>T</i>	para la temperatura termodinámica
<i>C<sub>p</sub></i>	para la capacidad calorífica a presión constante
<i>x<sub>i</sub></i>	para la fracción molar (fracción de cantidad) de especies i
<i>μ<sub>r</sub></i>	para la permeabilidad relativa.

Los símbolos de las unidades se escriben con letra romana (vertical), independientemente del tipo utilizado en el texto vecino. Son entidades matemáticas y no abreviaturas; los símbolos de unidad nunca van seguidos de un punto (excepto al final de una oración) ni de una “s” para el plural. El uso de la forma correcta para los símbolos de las unidades es obligatorio y se ilustra con ejemplos en el Folleto SI. Los símbolos de las unidades pueden llevar más de una sola letra. Se escriben en minúsculas, con la excepción de que la primera letra sea mayúscula cuando la unidad lleva el nombre de una persona. Sin embargo, cuando el nombre de una unidad se escribe completo, debe comenzar con una letra minúscula (excepto al comienzo de una oración), para distinguir la unidad de la persona (por ejemplo, una temperatura de 293 kelvin).

Al escribir el valor de una magnitud como el producto de un valor numérico y una unidad, tanto el número como la unidad pueden ser tratados por las reglas ordinarias del álgebra. Por ejemplo, la ecuación  $T = 293 \text{ K}$  puede escribirse igualmente como  $T/\text{K} = 293$ . Este procedimiento se describe como el uso del cálculo de magnitudes, o el álgebra de magnitudes. A menudo es útil usar la razón de una magnitud a su unidad como encabezado de las columnas en una tabla, o para etiquetar los ejes de una gráfica, de modo que las entradas en la tabla o las etiquetas para las marcas en los ejes sean todas ellas simplemente denotadas por números. El ejemplo (Tabla 5) muestra una tabla de la velocidad al cuadrado frente a la presión, con las columnas etiquetadas de esta manera.

**Tabla 5. Ejemplo de encabezado de columna en una tabla de la velocidad al cuadrado versus la presión**

<i>p</i> /kPa	<i>v</i> <sup>2</sup> /(m/s) <sup>2</sup>
48,73	94766
7,87	94771
135,42	94784

Al formar productos o cocientes de símbolos unitarios, se aplican las reglas normales del álgebra. Al formar productos de símbolos de unidades, se debe dejar un espacio entre las unidades (o, alternativamente, se puede usar un punto centrado a la mitad de la altura como símbolo de multiplicación). Cabe señalar la importancia del espacio: el producto de un metro y un segundo se denota por m s (con un espacio), pero ms (sin espacio) se usa para denotar un milisegundo. Además, al formar productos complicados de unidades, se deben usar corchetes o exponentes negativos para evitar ambigüedades. Por ejemplo, la constante molar de los gases R viene dada por:

$$\begin{aligned} pV_m/T = R &= 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ &= 8,314 \text{ Pa m}^3/(\text{mol K}). \end{aligned}$$

Al formatear números, el marcador decimal puede ser un punto (es decir, un punto) o una coma, según las circunstancias. Para los documentos en inglés es habitual un punto, pero para muchos idiomas y en muchos países es habitual una coma.

Cuando un número tiene muchos dígitos, se acostumbra agrupar los dígitos en grupos de tres alrededor del punto decimal para facilitar la lectura. Esto no es esencial, pero se hace a menudo y generalmente es útil. Cuando se utilice este formato, los grupos de tres dígitos deberán estar separados únicamente por un espacio; no se debe usar punto ni coma. La incertidumbre en el valor numérico de una cantidad a menudo se puede mostrar convenientemente dando la incertidumbre en los dígitos menos significativos entre paréntesis después del número.

Por ejemplo: el valor de la masa del electrón se da en el listado de constantes fundamentales de CODATA de 2014 como

$$m_e = 9,109\,383\,56(11) \times 10^{-31} \text{ kg},$$

donde 11 es la incertidumbre estándar en los dígitos finales citados para el valor numérico.



## **Alfabeto griego**

## Alfabeto griego

Letra	Nombre	Pronunciación
A, α	alfa	a
B, β	beta	b
Γ, γ	gamma	g (gutural)
Δ, δ	delta	d
E, ε	épsilon	e (breve)
Z, ζ	dseta	ds
H, η	eta	e (larga)
Θ, θ	zeta	z
I, ι	iota	i
K, κ	kappa	k
Λ, λ	lambda	l
M, μ	mu	m
N, ν	nu	n
Ξ, ξ	xi	x (ks)
O, ο	ómicron	o (breve)
Π, π	pi	p
P, ρ	ro	r
Σ, σ, ς	sigma	s
T, τ	tau	t
Υ, υ	ípsilon	ü
Φ, φ	fi	f
X, χ	ji	j
Ψ, ψ	psi	ps
Ω, ω	omega	o (larga)





