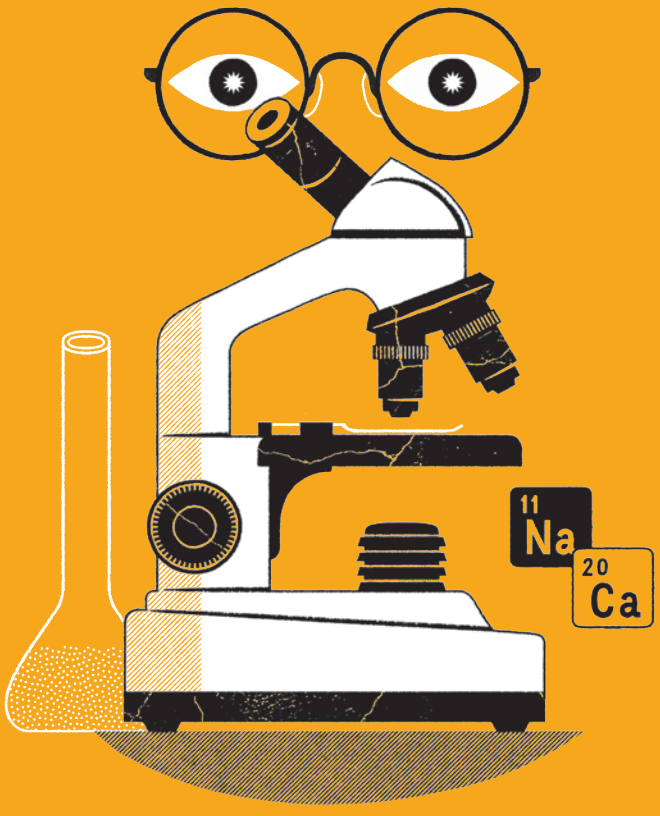
50 cosas que hay que saber sobre Química



Hayley Birch

Ariel

50
cosas que hay
que saber sobre
Química

Hayley Birch

Ariel

Título original: *50 Chemistry Ideas you really need to know*

Primera edición: enero de 2016
Primera edición en esta presentación: abril de 2025

© Hayley Birch, 2015
Publicado por primera vez por acuerdo con Quercus Editions Ltd (Reino Unido)

© por la traducción, Joan Lluís Riera, 2016

Derechos exclusivos de edición en español:
© Editorial Planeta, S. A., 2025
Avda. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona
Editorial Ariel es un sello editorial de Planeta, S. A.
www.ariel.es
www.planetadelibros.com

ISBN: 978-84-344-3864-4
Depósito legal: B. 5.374-2025

Impreso en España

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor.
La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías.
Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En Grupo Planeta agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.
Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.
Queda expresamente prohibida la utilización o reproducción de este libro o de cualquiera de sus partes con el propósito de entrenar o alimentar sistemas o tecnologías de inteligencia artificial.



Contenidos

Introducción *9*
01 Átomos *10*
02 Elementos *14*
03 Isótopos *18*
04 Compuestos *22*
05 Juntándolo todo *26*
06 Cambios de fase *30*
07 Energía *34*
08 Reacciones químicas *38*
09 Equilibrio *42*
10 Termodinámica *46*
11 Ácidos *50*
12 Catalizadores *54*
13 Redox *58*
14 Fermentación *62*
15 Craqueo *66*
16 Síntesis química *70*
17 El proceso de Haber *74*
18 Quiralidad *78*
19 Química verde *82*
20 Separación *86*
21 Espectros *90*
22 Cristalografía *94*
23 Electrólisis *98*
24 Microfabricación *102*
25 Autoensamblaje *106*
26 El laboratorio en un chip *110*
27 Química computacional *114*
28 Carbono *118*
29 Agua *122*
30 El origen de la vida *126*
31 Astroquímica *130*
32 Proteínas *134*
33 Acción enzimática *138*
34 Azúcares *142*
35 ADN *146*
36 Biosíntesis *150*
37 Fotosíntesis *154*
38 Mensajeros químicos *158*
39 Gasolina *162*
40 Plásticos *166*
41 Los CFC *170*
42 Materiales compuestos *174*
43 Células solares *178*
44 Fármacos *182*
45 Nanotecnología *186*
46 Grafeno *190*
47 Impresión 3D *194*
48 Músculos artificiales *198*
49 Biología sintética *202*
50 Los combustibles del futuro *206*

Índice *211*

Tabla periódica *216*

1 Átomos

Los átomos son las piezas básicas de la química y de todo el universo. De ellos están hechos los elementos, los planetas, las estrellas y todos nosotros. Entender los átomos, cómo están constituidos y cómo interaccionan, ayuda a entender casi todo lo que ocurre en las reacciones químicas del laboratorio y de la naturaleza.

Bill Bryson escribió que cada uno de nosotros puede llevar hasta mil millones de átomos que en otro tiempo pertenecieran a William Shakespeare. «¡Uf! —piensa uno— eso es un montón de átomos muertos de Shakespeare.» Bueno, sí y no. De un lado, mil millones (1.000.000.000) es más o menos el número de segundos que cada uno de nosotros habrá vivido al cumplir los treinta y tres años. De otro lado, es el número de granos de sal que llenan una bañera normal, y menos de una milmillonésima de una milmillonésima del número de átomos del cuerpo. Eso nos da una idea de lo pequeño que es un átomo: todos tenemos más de mil billones de billones (10^{27}), lo que significa que no tenemos bastantes átomos de Shakespeare para hacer siquiera una neurona.

Dulce como un melocotón Los átomos son tan diminutos que hasta hace poco era imposible verlos. Eso ha cambiado gracias a los microscopios de superalta resolución, hasta el punto de que, en 2012, unos científicos australianos lograron fotografiar la sombra de un átomo. Pero a los químicos no les hacía falta verlos para comprender que, a un nivel fundamental, los átomos pueden explicar mucho de lo que ocurre en el laboratorio y en la propia vida. Buena parte de la química se debe a la actividad de unas partículas subatómicas más pequeñas todavía, los electrones, que forman la capa más externa de los átomos.

Cronología

c. 400 a.C.	1803	1904	1911
El filósofo griego Demócrito habla de partículas indivisibles como los átomos	John Dalton propone la teoría atómica	Modelo atómico del pudin de ciruelas, de Joseph John Thomson	Ernest Rutherford describe el núcleo atómico

La teoría atómica y las reacciones químicas

En 1803, el químico inglés John Dalton propuso en una conferencia una teoría de la materia basada en unas partículas indestructibles llamadas átomos. Lo que dijo, en esencia, fue que los distintos elementos estaban compuestos por diferentes átomos que podían combinarse para formar compuestos, y que las reacciones químicas implicaban una reorganización de esos átomos.

Si pudiéramos sostener un átomo en la mano cual un melocotón, el hueso sería lo que llamamos núcleo, que contiene protones y neutrones, y la carne jugosa estaría formada por los electrones. En realidad, si ese melocotón fuese como un átomo, casi todo sería carne y su hueso sería tan minúsculo que podríamos tragarlo sin notarlo siquiera, tanto es el espacio del átomo que ocupan los electrones. Pero el núcleo es lo que impide que el átomo se disgregue, pues contiene los protones, unas partículas de carga positiva que producen la atracción justa para que los electrones, de carga negativa, no salgan disparados en todas las direcciones.

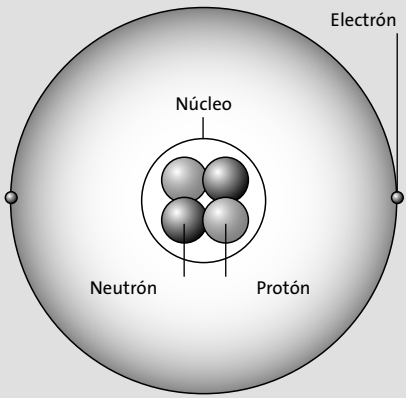
¿Por qué un átomo de oxígeno es un átomo de oxígeno? No todos los átomos son iguales. Ya sabemos que un átomo no comparte demasiadas cosas con un melocotón, pero aun así vamos a aprovechar un poco más la analogía con la fruta. Hay átomos de muchos sabores y variedades. Si nuestro melocotón fuese un átomo de oxígeno, una ciruela podría ser, por ejemplo, uno de carbono. En ambos casos se trata de pequeñas bolas de electrones que rodean al hueso de protones, pero tienen características muy distintas. Los átomos de oxígeno flotan en pares (O_2) mientras que los de carbono se juntan en masa formando sustancias duras como el diamante y la mina del lápiz (C). Lo que hace que sean elementos distintos (véase la página 14) es su número de protones. El oxígeno, con ochos protones, tiene dos más que el carbono. Los ele-

1989
Investigadores de IBM manipulan átomos individuales y escriben IBM

2012
El descubrimiento del bosón de Higgs se añade a la teoría estándar del átomo

Dentro del átomo

El primer modelo del átomo, el del pudin de ciruelas de J. J. Thomson, lo concebía como una masa de carga positiva, el «pudin», con «ciruelas» de carga negativa (los electrones) distribuidas homogéneamente en su interior. Ese modelo ha cambiado: hoy sabemos que los protones y otras partículas subatómicas llamadas neutrones forman el diminuto y denso núcleo del átomo, y los electrones una nube a su alrededor. También sabemos que protones y neutrones contienen unas partículas aún más pequeñas llamadas quarks. Los químicos no suelen ocuparse de estas partículas más pequeñas, que estudian los físicos haciendo chocar átomos en aceleradores de partículas. Pero es importante recordar que el modelo científico del átomo y de cómo se forma la materia en nuestro universo no deja de evolucionar. El descubrimiento del bosón de Higgs en 2012, por ejemplo, confirmó la existencia de una partícula que los físicos ya habían incluido en su modelo y usaban en sus predicciones sobre otras partículas. No obstante, aún queda por averiguar si se trata del mismo tipo de bosón de Higgs que andaban buscando.



El núcleo increíblemente denso de un átomo contiene protones de carga positiva y neutrones neutros, y, en órbita a su alrededor, electrones de carga negativa.

mentos más grandes y pesados, como el seaborgio y el nobelio, tienen más de cien protones en su núcleo atómico. Cuando en el minúsculo espacio de un núcleo conviven tantas cargas positivas repeliéndose entre sí, el equilibrio es difícil de mantener y por eso los elementos pesados son inestables.

Por lo general un átomo, sea del tipo que sea, tiene tantos electrones como protones en el núcleo. Si pierde un electrón, o si captura uno de más, las cargas positivas y negativas dejan de compensarse y el átomo se convierte en lo que los químicos denominan «ion», un átomo o molécula con carga. Los iones son importantes porque sus cargas ayudan a unir todo tipo de sustancias, como el cloruro de sodio de la sal de mesa o el carbonato de calcio de la cal que se deposita en vasos y teteras.

Las piezas básicas de la vida Aparte de las cosas que encontramos en el armario de la cocina, los átomos forman todo lo que repta, respira o echa raíces, incluso moléculas tan complejas como el ADN o las proteínas que forman nuestros músculos, huesos y pelo. Consiguen esto formando enlaces (véase la página 26) con otros átomos. Sin embargo, lo más interesante de toda la vida de la Tierra es que, a pesar de su pasmosa diversidad, contiene sin excepción un tipo particular de átomo: el carbono.

«La belleza de un ser vivo no está en los átomos que lo conforman, sino en la forma en que éstos se disponen.»

Carl Sagan

Desde las bacterias que se aferran a la vida en los humeros de las partes más profundas y oscuras de los océanos hasta las aves que vuelan por el cielo, no hay un solo ser vivo en el planeta que no contenga este elemento, el carbono. Pero como todavía no hemos descubierto vida en ningún otro lugar, no podemos decir si fue cosa del azar que la vida evolucionase de este modo o si podría desarrollarse con otros tipos de átomos. Los aficionados a la ciencia-ficción están familiarizados con otras biologías alternativas, como la vida basada en silicio que aparece en *Star Trek* y en *La guerra de las galaxias* en forma de alienígenas.

Átomo a átomo Los progresos realizados en el campo de la nanotecnología (véase la página 186), que promete desde paneles solares más eficientes a fármacos que buscan y destruyen células cancerosas, ha puesto el mundo de los átomos bajo los focos. Las herramientas de la nanotecnología actúan a una escala de una milmillonésima de metro; todavía es más grande que un átomo, pero ya permite pensar en manipular átomos y moléculas individualmente. En 2013, unos investigadores de IBM realizaron la animación en *stop motion* más pequeña del mundo, en la que aparecía un niño jugando a la pelota. Tanto el niño como la pelota estaban hechos de átomos de cobre, todos los cuales se podían apreciar individualmente en la película. Por fin la ciencia empieza a trabajar a una escala que se corresponde con la visión del mundo de los químicos.

La idea en síntesis: Piezas fundamentales

2 Elementos

Los químicos se esfuerzan mucho por descubrir nuevos elementos, las sustancias químicas más básicas. La tabla periódica nos ofrece una manera de ordenar sus descubrimientos, pero no es un simple catálogo. Las regularidades de la tabla periódica nos dan pistas sobre la naturaleza de cada elemento y sobre su comportamiento cuando se encuentra con otros.

El alquimista del siglo XVII Hennig Brand fue un buscador de oro. Después de casarse, abandonó su trabajo como oficial del ejército y usó el dinero de su esposa para financiar su búsqueda de la piedra filosofal, una sustancia o mineral mítico que los alquimistas pretendían encontrar desde hacía siglos. Según la leyenda, aquella piedra podía «transmutar» en oro metales comunes como el hierro y el plomo. Tras la muerte de su primera esposa, Brand encontró otra y siguió con sus pesquisas como hasta entonces. Al parecer, se le había ocurrido que la piedra filosofal se podía sintetizar a partir de fluidos corporales, y con este fin adquirió no menos de seis mil litros de orina humana. Por fin, en 1669, realizó un descubrimiento extraordinario, aunque no la piedra filosofal. Con sus experimentos, durante los cuales hervía y decantaba la orina, Brand se convirtió inadvertidamente en la primera persona en descubrir un elemento por medios químicos.

Brand produjo un compuesto que contenía fósforo, al que denominaba «fuego frío» porque relumbraba en la oscuridad. Pero hubo que esperar hasta la década de 1770 para que el fósforo se reconociese como un nuevo elemento. Para entonces, se descubrían elementos a diestro y siniestro: en sólo una década, los químicos habían conseguido aislar oxígeno, nitrógeno, cloro y manganeso. En 1869, dos siglos después del descubrimiento de Brand, el químico ruso Dmitri Mendeléyev concibió la tabla periódica, en la que el fósforo fue a ocupar por fin el lugar que le correspondía, entre el silicio y el azufre.

Cronología

1669
Primer descubrimiento de un elemento, el fósforo, por medios químicos

1869
Mendeléyev publica la primera versión de su tabla periódica

1913
Henry Moseley define los elementos por su número atómico

Descodificar la tabla periódica

En la tabla periódica (véanse las páginas 216-7) los elementos vienen simbolizados por letras. Algunas son abreviaturas obvias, como Si para el silicio, mientras que otras, como W para el tungsteno, parece que no tengan sentido; a menudo son referencias a nombres antiguos (como el wolframio). El número que hay encima del símbolo es el número de masa, el número de nucleones (protones y neutrones) del núcleo del elemento. El número del subíndice es el número de protones (o número atómico).

¿Qué es un elemento? Durante buena parte de la historia, lo que se consideraba «elementos» eran el fuego, el aire, el agua y la tierra. Un misterioso quinto elemento, el éter, se añadió después para explicar las estrellas, las cuales, a decir del filósofo griego Aristóteles, no podían estar hechas de ninguno de los elementos terrenales. La palabra «elemento» viene del latín *elementum*, que significa «principio primero» o «forma más básica», lo cual no es mala descripción, aunque nos deja con dudas sobre la diferencia entre elementos y átomos.

La diferencia es simple. Los elementos son sustancias, en cualquier cantidad; los átomos son unidades fundamentales. Una masa sólida del fósforo de Brand (que, por cierto, es una sustancia tóxica y uno de los componentes del gas nervioso) es un conjunto de átomos de un elemento particular. Curiosamente, no todas las masas de fósforo tienen el mismo aspecto, porque sus átomos pueden disponerse de distintas maneras, lo que modifica la estructura interna pero también la apariencia externa. Dependiendo de cómo se ordenen los átomos de fósforo, puede tener aspecto blanco, negro, rojo o violeta. Estas distintas variedades también se comportan de diferentes maneras; por ejemplo, se funden a temperaturas muy distintas. El fósforo blando se funde bajo el sol de un día muy cálido, mientras que el fósforo negro hay que calentarlo en un horno a más de 600 °C. Sin embargo, ambos están hechos con los mismos átomos, con 15 protones y 15 electrones.

1937
Primer elemento producido artificialmente, el tecnecio

2000
Científicos rusos producen el primer elemento superpesado, el livermorio

2010
Se anuncia el descubrimiento del elemento de número atómico 117 («ununseptio»)

Las regularidades de la tabla periódica Para el ojo inexperto, la tabla periódica (véanse las páginas 216-7) tiene el aspecto de un juego de Tetris no muy ortodoxo en el cual, dependiendo de la versión que se mire, algunos de los bloques no acaban de bajar hasta el fondo. Parece que necesite que la arreglen, pero, en realidad, es un caos muy bien ordenado donde cualquier químico encuentra rápidamente lo que busca en medio de la aparente confusión porque el ingenioso diseño de Mendeléyev contiene regularidades ocultas que relacionan los elementos en función de su estructura atómica y de su comportamiento químico.

A lo largo de las filas de la tabla, los elementos se ordenan de izquierda a derecha por el número atómico (el número de protones que tiene cada elemento en el núcleo). Pero la genialidad de la invención de Mendeléyev radica en discernir cuándo comenzaban a repetirse las propiedades de los elementos y había que comenzar una nueva línea. Así pues, es de las columnas de las que se extrae la información más sutil. Tomemos, por ejemplo, la columna que está más a la derecha, que incluye del helio al radón. Se trata de gases nobles, todos ellos gases incoloros en condiciones normales y especialmente indolentes a la hora de implicarse en cualquier reacción química. El neón, sin ir más lejos, es tan poco reactivo que no se le puede convencer para que forme un compuesto con ningún otro elemento. La razón de todo ello tiene que ver con los electrones. Dentro de un átomo, éstos se disponen en capas concéntricas que sólo pueden estar ocupadas por un número determinado de electrones. Cuando una capa queda llena, los electrones tienen que ir a ocupar una nueva capa más externa. Como el número de electrones de un elemento aumenta con el número atómico, cada elemento tiene una configuración electrónica distinta. La característica fundamental de los gases nobles es que todos tienen llena su capa más externa. Esta estructura es muy estable, lo que significa que es difícil incitar a los electrones a la acción.

«El mundo de las reacciones químicas es como un escenario... en el que los elementos son los actores.»

Clemens Alexander Winkler, descubridor del elemento germanio

Pueden reconocerse muchas otras regularidades en la tabla periódica. Hace falta más esfuerzo (energía) para expulsar un electrón de un átomo de un elemento cuanto más a la derecha se encuentre, hacia los gases nobles, y cuanto más abajo. La parte central de la tabla está ocupada por los metales, que se hacen más metálicos cuanto más a la izquierda estén situados. Los químicos aprovechan el

A la caza del más pesado de los superpesados

A nadie le gustan las estafas, pero las hay en todas las profesiones y la ciencia no es una excepción. En 1999, científicos del Laboratorio Lawrence Berkeley de California anunciaron en un artículo científico el descubrimiento de los elementos superpesados 116 (livermorio) y 118 (ununoctio). Pero algo no cuadraba. Tras leer el artículo, otros científicos intentaron repetir los experimentos, pero hicieran lo que hicieran, no conseguían producir un solo átomo de número 116. Al final se supo que uno de los «descubridores» había inventado los datos, y el organismo del gobierno de EE. UU. se vio en la bochornosa obligación de retractarse de sus declaraciones sobre la gran calidad de la ciencia que financiaba. El artículo se retiró y un año más tarde el honor del descubrimiento del livermorio recayó en un grupo ruso. El científico que se inventó los datos fue despedido. Es tal el prestigio que hoy se asocia al descubrimiento de un nuevo elemento que hay científicos dispuestos a jugarse por él su carrera.

conocimiento de estas regularidades para predecir el comportamiento de los elementos en las reacciones.

Superpesados Una de las pocas cosas que la química comparte con el boxeo es que ambos tienen pesos superpesados. Mientras que los pesos mosca flotan en lo alto de la tabla periódica, donde los átomos de hidrógeno y helio llevan tan sólo tres protones entre los tres, los elementos de las filas de abajo se han hundido a causa de su pesada carga atómica. La tabla ha ido creciendo con los años al incorporar nuevos descubrimientos y elementos más pesados. Pero el número 92, el elemento radiactivo uranio, es en realidad el último elemento que se encuentra en la naturaleza. Aunque la desintegración natural del uranio produce plutonio, éste se encuentra en una cantidad muy pequeña. El plutonio se descubrió en un reactor nuclear y otros pesos superpesados se obtienen haciendo chocar otros átomos en aceleradores de partículas. La caza todavía no ha finalizado, pero sin duda es más complicada que hervir fluidos corporales.

La idea en síntesis: Las sustancias más simples