

¡El libro de química para todos!

Química

PARA

DUMMIES[®]

Aprende a:

- Entender los principios básicos de la química
- Comprender los fundamentos de la materia y la energía, de los átomos y las moléculas, de los ácidos y las bases
- Resolver problemas de química
- Usar la tabla periódica como un experto

John T. Moore

Profesor y autor de varios libros de química



Química

PARA

DUMMIES™

**John T. Moore,
Doctor en Ciencias de la Educación
Catedrático de Química en la Universidad
Estatad Stephen F. Austin**

Edición publicada mediante acuerdo con Wiley Publishing, Inc.
...For Dummies, el señor Dummy y los logos de Wiley Publishing, Inc. son marcas registradas utilizadas con licencia exclusiva de Wiley Publishing, Inc.

Título original: *Chemistry for Dummies*

© John T. Moore, 2011
© de la traducción Dulcinea Otero, 2016

Imagen de cubierta: © Shutterstock

© Centro Libros PAPP, SLU, 2016
Grupo Planeta
Avda. Diagonal, 662-664
08034 – Barcelona

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor.

La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).
Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

ISBN: 978-84-329-0277-2
Depósito legal: B.10859-2016

Primera edición: junio de 2016
Realización: Àtona
Impresión: Egedsa

Impreso en España - Printed in Spain
www.paradummies.es
www.planetadelibros.com

Sumario

<i>Introducción</i>	1
Sobre este libro	2
Algunas suposiciones sobre los lectores	3
Lo que puedes saltarte	3
Cómo está organizado este libro	3
Parte I: Los conceptos básicos de la química	4
Parte II: Un derroche de conceptos químicos	5
Parte III: Estación de enlace	5
Parte IV: Química medioambiental: aportaciones y problemas	5
Parte V: Los decálogos	6
Iconos utilizados en este libro	6
Y ahora ¿qué?	7
<i>Parte I: Los conceptos básicos de la química</i>	9
Capítulo 1: ¿Qué es la química y por qué hay que saber algo sobre ella?	11
Qué es la química	12
Distinción entre ciencia y tecnología	12
Descripción del método científico	13
Cómo funciona el método científico	14
Cómo puedes usar el método científico	16
Nos vamos por las ramas de la química	18
Perspectiva macroscópica frente a perspectiva microscópica ...	20
Química pura frente a química aplicada	20
Qué harás en la clase de química	21
Capítulo 2: Una ojeada a los cálculos químicos	25
El SI de unidades de medida	25
Los prefijos básicos del SI	26
Unidades de longitud	27
Unidades de masa	27
Unidades de volumen	27
Unidades de temperatura	28
Unidades de presión	28
Unidades de energía	28

Manéjate con números muy grandes y muy pequeños.....	29
La notación exponencial y científica.....	29
Sumar y restar.....	30
Multiplicar y dividir.....	30
Elevar un número a una potencia.....	31
Usa una calculadora.....	31
Marca la diferencia entre la exactitud y la precisión	31
Resolución de problemas con el método de conversión de unidades	33
Aprende a manejarte con los dígitos significativos.....	37
Compara números: exactos y contados frente a medidos.....	37
Determina la cantidad de dígitos significativos en un número medido	38
Da la cantidad correcta de dígitos significativos	38
Redondea números	39

Capítulo 3: Materia y energía..... 41

Entra en materia.....	41
Sólidos	42
Líquidos	43
Gases	43
Ahora hielo, ahora agua: lo mismo en distinto estado	44
¡Me derrito, me derrito! ¡Oh, qué mundo este!	44
Punto de ebullición	44
Punto de congelación	45
¡Esto es sublime!	46
Clasificación de sustancias puras y mezclas	47
Simplifícate la vida con sustancias puras	47
Mesa de mezclas	48
Propiedades privadas	49
Identifica sustancias por la densidad	50
¿Cuál es tu densidad? Cómo medir la densidad	51
El mundo en marcha: la energía	53
El movimiento se demuestra andando: energía cinética	53
El que guarda, halla: energía potencial	53
Medición de la energía	54
Echa una ojeada a la temperatura	54
Entra en calor.....	56

Capítulo 4: ¿Hay algo más pequeño que un átomo?

La estructura atómica..... 59

El átomo visto de cerca: partículas subatómicas	60
El centro de atención: el núcleo	61
Ubicación de los electrones en el átomo	66
El modelo de Bohr.....	67
El modelo cuántico	68

Configuración de electrones (banco de pruebas para los electrones) 73	73
El diagrama de niveles de energía	73
La configuración electrónica	76
Vida al límite: electrones de valencia	77
Análisis de isótopos e iones	77
Aísla el isótopo	78
Échale un ojo a los iones	79

Capítulo 5: La tabla periódica (no sirve para hacer surf) 83

Patrones periódicos	83
Cómo se organizan los elementos en la tabla periódica	86
Clasificación de metales, no metales y metaloides	87
Organización por períodos y grupos	90

**Capítulo 6: Globos, neumáticos y botellas de submarinismo:
el fabuloso mundo de los gases 97**

Los gases vistos al microscopio: la teoría cinética molecular	98
Estás bajo presión, bajo la presión atmosférica, quiero decir	101
Cómo medir la presión atmosférica: el barómetro	101
Cómo medir la presión de un gas confinado: el manómetro	102
Las distintas leyes de los gases	103
La ley de Boyle	104
La ley de Charles	105
La ley de Gay-Lussac	107
La ley combinada de los gases	109
La ley de Avogadro	110
La ley de los gases ideales	112
La ecuación de Van der Waals	113
Aplica las leyes de los gases a la estequiometría	114
Las leyes de Dalton y de Graham	114
La ley de Dalton	115
La ley de Graham	115

Parte II: Un derroche de conceptos químicos 117

Capítulo 7: Cocina química: reacciones químicas 119

Debes saber qué tienes y qué obtienes: reactivos y productos	119
Cómo se producen las reacciones: la teoría cinética de las colisiones	121
Ejemplo de colisión en un solo paso	121
Un ejemplo exotérmico	123
Un ejemplo endotérmico	124
Identifica los distintos tipos de reacciones	125
Reacciones de síntesis o composición	126

Reacciones de descomposición o análisis	126
Reacciones de desplazamiento o sustitución sencilla	126
Reacciones de doble desplazamiento o intercambio	128
Reacciones de combustión	130
Reacciones redox	130
Ajusta las reacciones químicas	131
Cómo ajustar la producción de amoníaco	131
¿Me das fuego?	133
Capítulo 8: Miles y miles de moles	135
Recuento de partículas al peso	135
Cuenta por moles	136
Busca el número de Avogadro, pero no en la guía telefónica	137
Los moles en acción	137
Cálculo de la fórmula empírica	139
La importancia de los moles en las reacciones químicas	140
Haz los cálculos	140
Resuelve qué necesitas y qué obtendrás: estequiometría de reacción	142
Calcula el rendimiento porcentual	144
Esto es agotador: reactivos limitantes	145
Capítulo 9: Agítese antes de usar: disoluciones	147
Seamos directos: definición de solutos, disolventes y disoluciones ..	147
La solubilidad: ¿cuánto soluto se disolverá?	148
No te satures	149
Concéntrate en las unidades de concentración	150
Composición porcentual: tres cocientes diferentes	150
Molaridad: lo más molón.....	153
Molalidad: otro uso del mol	156
Partes por millón: la unidad para la contaminación	156
Las propiedades coligativas de las disoluciones	157
Reducir la presión: descenso de la presión de vapor	158
El uso del anticongelante en verano: ascenso del punto de ebullición	158
Haz helados: descenso del punto de congelación	159
Células sanguíneas vivas y en buen estado: la presión osmótica	161
Aclárate con los coloides	164
Capítulo 10: Termoquímica: el ambiente se caldea	167
Análisis de las reacciones y los cambios de energía	168
Los sistemas y el entorno	168
El calor	168
Unidades de energía	169

Capacidad calorífica	170
Calorimetría	172
Entiende los cambios de entalpía	175
Calcula calores de reacción	176
Hazlo tú mismo	177
Consulta tablas	177
Recorre a la ley de Hess	178
Cómo usar el calor (entalpía) estándar de formación	179
La entalpía en las transiciones de fase.....	181

Capítulo 11: Agrio y amargo: ácidos y bases 183

Conoce las propiedades de los ácidos y las bases: una ojeada macroscópica	183
Reconoce ácidos y bases: una ojeada microscópica	185
La teoría de Arrhenius: hay que tener agua	185
La teoría ácido-base de Brønsted-Lowry: dar y recibir	186
Distingue entre ácidos y bases fuertes y débiles	187
Ionización completa: ácidos fuertes	187
Totalmente descompuesto: bases fuertes	189
Ionización parcial: ácidos débiles	189
Encuentra un equilibrio con el agua: bases débiles	191
Competencia por protones: reacciones ácido-base de Brønsted-Lowry	192
Agente doble: el agua anfotérica	192
Identificación de ácidos y bases con indicadores	193
El asunto tornasol	194
Consigue titulaciones con fenolftaleína	194
El café y otras sustancias en la escala de pH	196
Controla el pH con tampones	200

Parte III: Benditos los lazos que nos unen 203

Capítulo 12: ¿Dónde demonios fue a parar ese electrón? Teoría cuántica 205

Los conceptos de materia y luz	206
Conoce los componentes	206
Espectroscopia	208
El modelo atómico de Bohr	210
La aportación de De Broglie	211
La aportación de Heisenberg	212
El modelo de la mecánica cuántica	212

Capítulo 13: Los opuestos se atraen: enlaces iónicos	215
Enlaces iónicos mágicos: sodio + cloro = sal común	216
Conoce los componentes	216
En qué consiste la reacción	217
Al final hay enlace	219
Identificación de iones positivos y negativos: cationes y aniones	220
Iones poliatómicos	223
Uniones de iones: compuestos iónicos	224
Junta magnesio con bromo	225
Aplica la regla cruzada	226
Nomenclatura de compuestos iónicos	227
Comparativa entre electrolitos y no electrolitos	229
Capítulo 14: Intercambia con alegría: enlaces covalentes	231
Fundamentos de los enlaces covalentes	231
El ejemplo del hidrógeno	232
Comparación de enlaces covalentes con otros enlaces	234
Los enlaces múltiples	235
Nomenclatura de compuestos con enlaces binarios covalentes	237
Aprende muchas fórmulas en un instante	238
Fórmula empírica: solo los elementos	238
Fórmula molecular o verdadera: dentro de los números	238
Fórmula estructural: añade la forma de los enlaces	240
Pares de electrones compartidos: unas veces por igual y otras no ...	245
Atracción de electrones: electronegatividades	245
Enlaces covalentes polares	247
Y ¿qué hay del agua?: una molécula rara donde las haya	248
Capítulo 15: ¿Qué pinta tienen las moléculas en realidad?	
Geometría molecular e hibridación	253
La forma sí importa	254
Cárgate con la polaridad	254
Cómo predecir la polaridad	256
Ahonda en la geometría electrónica y molecular (RPECV)	257
La teoría del enlace de valencia (hibridación)	261
Diseción de la teoría de orbitales moleculares (OM)	264
Capítulo 16: Sigue las tendencias	267
El tamaño sí importa	267
Qué es la carga nuclear efectiva	268
Explicación de los cambios en el radio atómico	269
Tendencias en el radio iónico	269
Tendencias en la energía de ionización	270
Detección de un aumento de la energía secuencial	271

Ten en cuenta la estabilidad	272
Algunas excepciones a la regla	273
Tendencias en la afinidad electrónica	274

Capítulo 17: Relación entre las fuerzas intermoleculares y los estados condensados 277

Los distintos tipos de fuerzas intermoleculares	278
Iones y dipolos reunidos	278
Atracción mutua entre dipolos	279
Arrímate al hidrógeno	279
Unidos por la nube	280
Enlaces temporales con las fuerzas (de dispersión) de London	280
Introducción a las propiedades de los líquidos.....	280
Resistencia a aumentar: la tensión superficial	281
Resistencia a fluir: la viscosidad	281
Para subirse por las paredes: la capilaridad	282
Entrar en calor: la capacidad calorífica	283
Trabaja con sólidos	283
Descifra los diagramas de fases	285

Parte IV: Química medioambiental: ventajas y desventajas 289

Capítulo 18: ¡Cof, cof! ¡Achís! Contaminación atmosférica 291

De dónde salió toda esta basura: los efectos de la civilización en la atmósfera.....	291
La atmósfera de la Tierra contemplada de cerca	292
La troposfera: la más afectada por la humanidad	292
La estratosfera: la capa de ozono protege a la especie humana..	293
Por qué decrece la capa de ozono	294
Cómo reacciona el ozono con otros gases	294
Efectos dañinos de los CFC para la capa de ozono	295
Qué es el efecto invernadero	296
Respirar aire sucio: la boina de contaminación	298
Bruma gris o industrial	298
Bruma fotoquímica	298
¡Me deshagooo!: lluvia ácida	300
No te bebas el agua: qué hay en la lluvia ácida	300
A la carga y que no quede ni uno: precipitadores electrostáticos	303
Agua de lavado: depuradoras	303

Capítulo 19: Las particularidades de la contaminación del agua 305

¿De dónde viene el agua y adónde va?	306
Evaporación, condensación y vuelta a empezar	306
Sigue el rastro del agua	307
El agua vista de cerca: una sustancia muy inusual	307
Algunos contaminantes habituales del agua	310
En realidad no nos hemos librado del plomo: contaminación <i>heavy metal</i>	311
Cuando llueve ácido	312
Enfermedades provocadas por agentes infecciosos	313
Filtraciones de vertederos y de depósitos enterrados de almacenamiento de productos tóxicos	313
Filtración de contaminantes desde explotaciones agrícolas	315
Contaminación con calor: contaminación térmica	315
Agotamiento del oxígeno: la DBO	316
Aguas residuales sin mal olor	317
Tratamiento primario de las aguas residuales	318
Tratamiento secundario de las aguas residuales	318
Tratamiento terciario de las aguas residuales	319
Tratamiento del agua potable	320

Capítulo 20: Química nuclear: te hará reaccionar 321

La estructura atómica básica: todo comienza en el átomo	322
Definición de radiactividad y la desintegración radiactiva artificial	323
Desintegración radiactiva natural	324
Emisión de una partícula alfa	325
Emisión de una partícula beta	326
Emisión de radiación gamma	327
Emisión de un positrón	327
Captura de electrones	328
Cómo detectar cuándo se produce la desintegración radiactiva: vidas medias	328
Cálculo de la vida media	330
Trabaja con seguridad	331
Datación radiactiva	332
Desencadenar reacciones: la fisión nuclear	333
Reacciones en cadena y masa crítica	333
Reacciones controladas: centrales eléctricas nucleares	335
Producción de plutonio con reactores reproductores	338
Utilización de la fisión nuclear: la esperanza para la energía del mañana	339
Cómo superar el problema del control	340
Imagina qué nos deparará el futuro	341
Identificación de los efectos de la radiación	341

Parte V: Los decálogos..... 343

Capítulo 21: Diez descubrimientos casuales de la química 345

Cómo medir un volumen	345
Cómo mantener sólido el caucho	346
Moléculas dextrógiras y levógiras	346
Un atajo para conseguir color: tinte artificial	347
El soñador de los anillos	347
Descubrimiento de la radiactividad	347
Hallazgo de un material realmente pegajoso: el teflón	348
Hazte notar: notas autoadhesivas	348
Crecimiento capilar	349
Hablando de cosas dulces	349

Capítulo 22: Diez (u once) grandes empollones de la química 351

Amedeo Avogadro	351
Niels Bohr	352
Marie Curie	352
John Dalton	352
Michael Faraday	353
Antoine Lavoisier	353
Dmitri Mendeléiev	353
Linus Pauling	354
Ernest Rutherford	354
Glenn Seaborg	354
Aquella niña de tercero que experimentó con vinagre y bicarbonato ..	355

Capítulo 23: Diez consejos fantásticos para superar el curso de introducción a la química 357

Sigue un horario regular de estudio	357
Esfuézate por entender, no solo por memorizar	358
Practica haciendo los deberes	358
Ayúdate de recursos adicionales	359
Lee la materia antes de clase	359
Toma apuntes de calidad	360
Pasa a limpio los apuntes de clase	360
Haz preguntas	361
Duerme bien antes de los exámenes	361
Presta especial atención a los detalles	361

Capítulo 24: Los diez principales en productos químicos industriales 363

Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	363
Nitrógeno (N_2)	364

XX Química para Dummies

Etileno (C_2H_4)	365
Oxígeno (O_2)	365
Propileno (C_3H_6)	366
Cloro (Cl_2)	366
Dicloruro de etileno ($C_2H_2Cl_2$)	367
Ácido fosfórico (H_3PO_4)	367
Amoníaco (NH_3)	367
Hidróxido de sodio (NaOH)	368

Glosario	369
-----------------------	------------

Índice	385
---------------------	------------

Parte I

Los conceptos básicos de la química

The 5th Wave

Rich Tennant



¿Qué hay? ¿Alguien necesita sacudir sus átomos de hidrógeno?

En esta parte...

Si te inicias en la química, tal vez te resulte un tanto aterrador. Todos los días me encuentro con estudiantes que a base de repetírselo se han convencido de que la química los supera. Tengo buenas noticias: cualquiera puede entender la química. Cualquiera puede hacer química. Si cocinas, limpias o simplemente existes, formas parte del mundo químico.

Trabajo con un montón de niños de enseñanza primaria y les encanta la ciencia. Les enseño a conseguir reacciones químicas (mezclando vinagre con bicarbonato, por ejemplo) y se ponen como locos. Eso es lo que espero que te pase a ti cuando leas este libro y descubras lo interesante e importante que puede llegar a ser la química.

Los capítulos de la parte I sirven para conocer los principios de la química. En ellos te enseño a realizar cálculos y te introduzco en el sistema internacional de unidades. Te hablo sobre la materia y los estados en los que puede darse. Te informo un poco sobre energía, sus formas y cómo se mide. Analizo el mundo microscópico del átomo y sus partes elementales, y explico cómo aparece la información sobre los átomos en la tabla periódica de los elementos, la herramienta más útil de los químicos. Y también abarco el mundo de los gases. Esta parte será un divertido paseo, así que ¡pon en marcha el motor!

Capítulo 1

¿Qué es la química y por qué hay que saber algo sobre ella?

En este capítulo

- ▶ Define la ciencia de la química
 - ▶ Conoce la ciencia y la tecnología
 - ▶ Usa el método científico
 - ▶ Comprueba las áreas generales de la química
 - ▶ Descubre qué hay que esperar de un curso de química
-

Si estás cursando la asignatura de química, quizá quieras saltarte este capítulo y pasar directamente al tema que te da problemas. Ya sabes qué es la química: una asignatura que tienes que aprobar. Pero si compraste este libro para que te ayude a decidir si apuntarte o no a estudiar química, o para divertirte aprendiendo algo nuevo, te recomiendo leer este capítulo. Te servirá de base para todo lo demás porque descubrirás qué es la química, en qué consiste ser químico y por qué debería interesarte esta disciplina.

A mí me encanta la química. Es mucho más que un mero conjunto de datos y un cuerpo de conocimiento. Yo ingresé en la universidad como estudiante de física, pero me quedé prendado de mi primer curso de química. Me pareció tan interesante, tan lógico... Me fascina ver cómo se producen los cambios químicos, resolver incógnitas, usar instrumentos, ampliar los sentidos, predecir resultados y calcular si la predicción ha sido correcta o no. Todo el mundo de la química comienza aquí, con lo básico, así que considera este capítulo como un punto de partida. Bienvenido al interesante mundo de la química.

Qué es la química

Toda esta rama de la ciencia trata sobre *materia*, que es todo lo que tiene masa y ocupa un espacio. La *química* es el estudio de la composición y las propiedades de la materia, y los cambios que experimenta, incluidos los cambios de energía.

Antes solía dividirse la ciencia en campos muy bien definidos: si era algo vivo, era biología. Si era una piedra, era geología. Si tenía olor, era química. Si no funcionaba, era física. En cambio, en el mundo actual esas divisiones tan diáfanas ya no se dan. Hoy hay bioquímica, física química, geoquímica y muchas otras ramas, pero la química sigue centrada en la materia, la energía y los cambios que experimentan.

En esto último hay mucha química: los cambios que atraviesa la materia. La materia se compone bien de sustancias puras, bien de combinaciones de sustancias puras. La conversión de una sustancia en otra es lo que en química se denomina *cambio químico*, o *reacción química*, y es algo muy importante porque cuando ocurre se forma una sustancia completamente nueva (consulta el capítulo 3 para conocer los detalles).

Entonces, ¿qué son los compuestos y los elementos? Pues también son anatomía de la materia. La materia consiste en sustancias puras o en mezclas de sustancias puras; las sustancias están formadas por elementos o por compuestos. (El capítulo 3 disecciona la anatomía de la materia. Pero como siempre que se disecciona algo, debes prepararte con una pinza en la nariz y el estómago vacío.)

Distinción entre ciencia y tecnología

La ciencia es mucho más que un conjunto de hechos, números, gráficas y tablas. La ciencia es el método para estudiar el universo físico. Es una manera de formular y responder preguntas. Sin embargo, para llamarse ciencia, tiene que ser posible ponerla a prueba. Que un hecho se pueda comprobar es lo que distingue la ciencia de la fe.

Por ejemplo, tal vez creas en los platillos volantes, pero ¿puedes comprobar si existen? ¿Y los asuntos del amor? ¿Me quiere mi pareja? ¿Cuánto me quiere? ¿Puedo someterla a alguna prueba para comprobar y medir su amor? Creo que no. Debo tener fe en ese amor. No se basa en la ciencia, lo cual está bien. La humanidad ha intentado desentrañar muchos grandes interrogantes que la ciencia no puede responder. La ciencia es una herramienta útil para estudiar ciertas cuestiones, pero no todas.

Nadie usaría una excavadora de pala frontal para comerse un trozo de pastel ni cavaría una zanja con un tenedor. Son herramientas poco adecuadas para esas tareas, igual que lo es la ciencia para los asuntos de fe.

La ciencia se describe mejor a través de la postura de quienes la practican: son personas escépticas. Sencillamente no admiten lo que otros denominan fenómenos extraños porque no se pueden poner a prueba. Al mismo tiempo, aceptan los resultados de sus experimentos de forma provisional, hasta que otros científicos los refuten. Los científicos dudan, preguntan, aspiran a saber por qué y experimentan; manifiestan una actitud idéntica a la de la mayoría de los niños antes de crecer. Tal vez esta sea una buena definición de los científicos: son adultos que nunca han perdido la capacidad de maravillarse con la naturaleza ni las ganas de saber.

La tecnología, la utilización del conocimiento con una finalidad muy concreta, apareció en realidad antes que la ciencia. Los antiguos cocinaban los alimentos, fundían minerales, fabricaban cerveza y vino por fermentación, y elaboraban fármacos y pigmentos a partir de plantas. En sus inicios la tecnología existió sin mucha ciencia. Había pocas teorías y pocos experimentos verdaderos. El pensamiento se dejaba para los filósofos. Con el tiempo apareció la alquimia y esta conformó la base experimental de la química. Los alquimistas buscaban la manera de convertir metales en oro y, durante el proceso, descubrieron sustancias y procesos químicos nuevos, como la destilación. Sin embargo, hubo que esperar hasta el siglo xvii para que la experimentación reemplazara a la serendipia (consulta el siguiente apartado para profundizar en la serendipia) y echara a andar la ciencia de verdad.

Descripción del método científico

El *método científico* se suele describir como el procedimiento que se sigue en ciencia para estudiar el mundo físico que nos rodea. De hecho, nadie usa un solo método científico cada vez, pero el que expongo aquí engloba la mayoría de los pasos que se dan tarde o temprano cuando se practica ciencia. La figura 1-1 ilustra los distintos pasos del método científico.

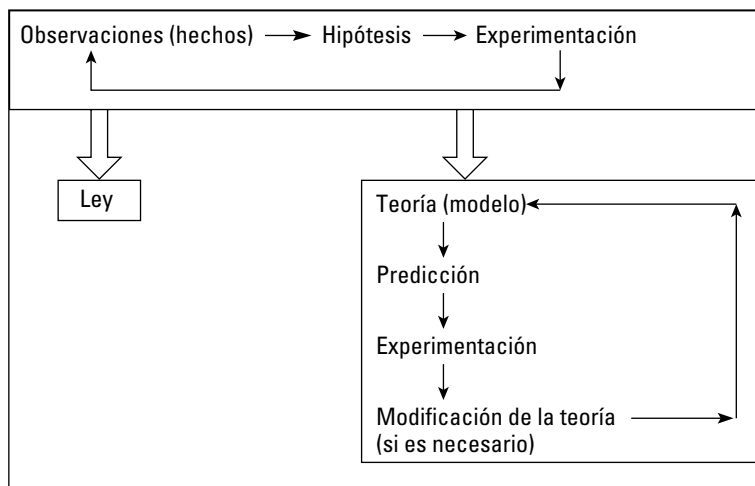


Figura 1-1:
El método científico.

Los siguientes apartados analizan con más detalle en qué consiste el método científico y cómo utilizarlo para cualquier estudio, no solo en química.

Cómo funciona el método científico

Se supone que los científicos hacen su trabajo a través del método científico: un proceso circular que va desde las observaciones hasta las hipótesis, pasa por los experimentos y regresa a las observaciones. En ocasiones estos pasos conducen hasta el desarrollo de leyes o teorías.



El primer paso para aplicar el método científico consiste en efectuar *observaciones* y tomar nota de los hechos relacionados con algún aspecto del universo físico. Las observaciones pueden plantear algún interrogante o problema que el investigador aspire a resolver. Entonces se emite una *hipótesis*, una explicación provisional coherente con las observaciones (en otras palabras, una suposición bien fundada). A partir de ahí para comprobar la hipótesis se diseña un *experimento*, el cual da lugar a observaciones o datos que se pueden usar, a su vez, para emitir otra hipótesis o modificar la de partida. Después se proyectan experimentos nuevos y el ciclo continúa.

En la ciencia de calidad, ese bucle de observaciones, hipótesis y experimentación nunca cesa. A medida que crece la sofisticación de la destreza científica, se idean mejores métodos para examinar la naturaleza y para perfeccionar los instrumentos con los que someter las hipótesis a más

pruebas. Las conclusiones que tal vez parezcan absolutamente ciertas hoy, pueden modificarse o, incluso, refutarse mañana.

Aparte de prolongar el círculo, los buenos experimentos realizados mediante el método científico pueden conducir a la formulación de una ley o teoría. Una *ley* no es más que una generalización de lo que sucede en el sistema científico que se estudia. Por ejemplo, la ley de la conservación de la materia decía que la materia no se crea ni se destruye. Al igual que las leyes creadas para el sistema judicial, las leyes científicas también deben modificarse en ocasiones con la obtención de datos nuevos. Con el advenimiento de la era nuclear, se descubrió que durante las reacciones nucleares se pierde una pequeña cantidad de materia que se convierte en energía; así que hubo que modificar la ley de la conservación de la materia y ahora dice así: en las reacciones químicas convencionales, la materia no se crea ni se destruye.

También puede surgir una teoría o modelo. Una *teoría o modelo* intenta explicar *por qué* ocurre algo. Viene a ser como una hipótesis con la salvedad de que se basa en muchos más indicios. Lo que diferencia una teoría de una opinión es que la primera está respaldada por numerosos experimentos, muchas observaciones y gran cantidad de datos (o hechos).

El poder de la teoría o el modelo reside en la predicción. Si el empleo del modelo permite alcanzar un buen conocimiento del sistema, entonces se pueden emitir predicciones basadas en el modelo que después se comprobarán con experimentación adicional. Las observaciones que arroje dicha experimentación se podrán usar para refinar o modificar la teoría o el modelo, lo que introduce otro bucle en el proceso. ¿Cuándo se cierra el círculo? Nunca. A medida que la humanidad desarrolla instrumentos y métodos más avanzados para examinar la naturaleza, es fácil que haya que ir modificando las teorías o modelos.

Muchos descubrimientos científicos se consiguen a través del método científico. Sin embargo, muchos otros se deben a otro proceso llamado *serendipia*, que consiste en un hallazgo fortuito. El descubrimiento de la penicilina, las notas adhesivas, el velcro, la radiactividad, la Viagra y muchos otros hallazgos fueron accidentales. Pero reparar en un descubrimiento casual requiere una mente bien entrenada, disciplinada, científica. En el capítulo 21 figura una lista con los diez descubrimientos químicos que son causa de la serendipia y que considero más importantes.

Ferias científicas y el método científico

Imagina que eres un alumno de secundaria y que tu profesora te anima a participar en la feria científica de tu localidad. Piensas qué proyecto puedes presentar y te compras una obra sobre experimentos científicos; en ella te llama la atención una propuesta para averiguar el contenido energético de los frutos secos, así que decides estudiar qué tiene más energía química, si los cacahuets crudos, los tostados o los asados. Como crees que los tostados se preparan con aceite, partes de la hipótesis de que esos contienen más calorías porque han absorbido aceite.

Ahora te toca diseñar un experimento para comprobar la hipótesis. Saltas al capítulo 10, dedicado a termoquímica y buscas información sobre calorímetros. Decides fabricar un calorímetro con un par de latas de acero y un termómetro. Pones atención para considerar todas las variables implicadas (la masa del agua, la masa de los cacahuets, etc.) y

empiezas a confeccionar el instrumento. Te das cuenta de que tendrás que constatar varias cosas para cada tipo de cacahuete. Realizas una recopilación cuidadosa y meticulosa de los datos y hasta efectúas algún análisis erróneo.

Al analizar los datos quizá tengas que modificar tu hipótesis de partida; o tal vez no. Pero entonces empiezas a plantearte si un anacardo contendrá más energía por gramo que un cacahuete. Sigues pensando sobre qué pasará con el resto de los frutos secos que puedes encontrar en las tiendas. Aquel primer proyecto sencillo para la feria científica te ha inspirado otros interrogantes. Pues así es como actúan los verdaderos científicos. Toda investigación puede responder algunas preguntas, pero lo más probable es que dé lugar a muchas otras. Quién sabe, quizá dentro de quince años te veas trabajando en química de alimentos.

Cómo puedes usar el método científico

La mayoría de la gente utiliza el método científico en la vida cotidiana sin pensar siquiera en él. Basta con usar la lógica para enfrentarse a un problema. Por ejemplo, supón que compras ese televisor de alta definición y ese equipo de cine en casa que tanto deseas. Hasta te compras un cambiador de discos compactos para oír música durante horas mientras estudias. Tras desempaquetarlo y conectarlo todo, descubres que el altavoz de la izquierda no suena cuando está en marcha el lector de discos compactos. Has identificado el problema que hay que investigar. Ahora tendrás que aplicar el método científico para resolverlo. Estos son algunos de los pasos generales que sigues:



1. Emites una hipótesis sobre lo que estás examinando.

Esa hipótesis es una suposición fundada acerca de lo que crees que pasa. Las hipótesis te dan una idea sobre lo que puedes esperar, aun-

que después de realizar los experimentos haya que concluir que la hipótesis no era válida.

Por ejemplo, en el caso del altavoz izquierdo sin sonido, cabría pensar que el problema está en el cambiador de discos compactos, el receptor o en los cables que conectan ambos aparatos, ya que todo lo demás funciona como debe. Formulas la hipótesis de que hay algo mal en los cables del lector de discos compactos, como que tal vez el cable izquierdo esté roto o que falle el contacto. Así que decides experimentar.

La química dentro de casa

La química es una realidad importante de la vida cotidiana. Un paseo dentro de casa te mostrará todas las cosas relacionadas con la química que son importantes para ti. Identifica la química que hay en estos lugares de tu casa:

- ✓ **El lavadero.** ¿Ves algún bote de detergente para la colada? Tanto el bote como el detergente en sí deben su existencia a los químicos. ¿A que es una maravilla tener la ropa limpia? Pues sin la química no podrías vestirme tan a gusto. Los detergentes se componen de muchas cosas, como enzimas, blanqueantes, relleno, etcétera, todo ello diseñado por químicos para que la ropa tenga buen aspecto. Busca una botella de lejía. ¡Por supuesto, también es obra de químicos! Se trate de ropa, pelo, o pasta de papel, los químicos dan lustre a casi todo.
- ✓ **El armario.** Si tienes prendas de vestir compuestas por cualquier material distinto del algodón es porque los químicos y la industria química han descubierto cómo fabricar esas fibras.
- ✓ **El baño.** ¿Ves la pastilla de jabón? La perfeccionó alguien que sabía de química; de

no ser así, tendrías que conformarte con el basto jabón de sosa de la abuela.

¿Y qué hay de la pasta de dientes? Ese producto tan común contiene un montón de ingredientes: colores, sabores, abrasivos, espesantes y flúor, todo ello diseñado por químicos. Y espero que uses desodorante. ¿Sabes en qué consiste? Puedes apostar lo que sea a que lo desarrollaron los químicos.

¿Qué te pones en la piel? Seguramente lociones, polvos, maquillaje o colonia desarrollados por químicos. ¿Y en el pelo? Te lo lavas, te lo rizas, te lo alisas y te lo tiñes con sustancias químicas.

Lo sé, te está entrando dolor de cabeza. Pero es que la aspirina que estás a punto de tomar se compone de química, igual que el paracetamol, el ibuprofeno y tantos fármacos como puedas imaginar. La química está por todas partes. Arráncate el pelo y conseguirás que crezca de nuevo con un fármaco.

La química nos ha brindado las cosas que nos hacen disfrutar. A veces surgen problemas durante el proceso y hay que llamar a quienes saben de química para resolverlos.

2. Llevas a cabo el experimento.

Diseñas con esmero este experimento teniendo en cuenta todas las variables posibles. Las *variables* son factores que pueden influir en el resultado del experimento. En química, las variables pueden ser la temperatura, la presión, el volumen y cosas por el estilo. (Es muy difícil controlar todas las variables cuando hay seres humanos implicados, por eso son tan complejos los experimentos relacionados con las ciencias sociales.) En este ejemplo, son variables tanto la clavija del reproductor de discos compactos como la clavija del receptor, así como el cable que enlaza ambas clavijas. Seguramente cambiarás una sola cosa cada vez. Lo más fácil es cambiar la forma en que está conectado el cable a la unidad de discos compactos, intercambiar sin más el cable de la derecha por el de la izquierda y viceversa. Supón que el altavoz de la izquierda funciona, pero el de la derecha deja de sonar. ¿Qué te dice eso?

3. Usas los datos y la información derivados del experimento para emitir una nueva hipótesis o modificar la anterior.

Como el altavoz del lado opuesto ha dejado de funcionar al intercambiar la conexión del cable del CD, el fallo tiene que estar en el cambiador de discos compactos o en el propio cable, no en el receptor. Así que realizas otro experimento con un juego distinto de cables. Por suerte ahora funciona todo a la perfección.

Cabría aducir que lo único que hiciste fue obrar con sentido común, pero lo cierto es que aplicaste el método científico. De hecho, creo que el método científico no consiste en nada más que una buena dosis de sentido común.

Nos vamos por las ramas de la química

La disciplina de la química en su conjunto es tan vasta que en un primer momento se dividió en una serie de especialidades diferentes. Pero en la actualidad existe una superposición enorme entre cada rama de la química, igual que ocurre entre las distintas ciencias. Las especialidades tradicionales de la química son las siguientes:

- ✓ **Química analítica.** Es una rama muy relacionada con el análisis de sustancias. Quienes practican esa especialidad química intentan esclarecer qué sustancias hay en una mezcla (*análisis cualitativo*) o qué cantidad de una sustancia particular hay en algo (*análisis cuantitativo*). Los especialistas en química analítica suelen trabajar en el desarrollo de productos o en el departamento de control de calidad

de las industrias. Si falla algo durante el proceso de fabricación de un producto químico y eso le cuesta a esa industria cientos de miles de euros cada hora que pasa, los químicos encargados del control de calidad estarán sometidos a una gran presión para solucionarlo y para hacerlo cuanto antes. Para la química analítica se utiliza gran cantidad de instrumentación. Los capítulos 7, 8 y 9 cubren gran parte del material que se utiliza en química analítica.

- ✓ **Bioquímica.** Esta rama se centra en los organismos y sistemas vivos. En ella se estudian las reacciones químicas que se producen en el *nivel molecular* dentro de los organismos (el nivel en el que los elementos son tan pequeños que no se ven a simple vista). La bioquímica estudia procesos tales como la digestión, el metabolismo, la reproducción, la respiración, etc. A veces cuesta distinguir un bioquímico de un biólogo molecular porque los dos especialistas estudian sistemas vivos a escala microscópica. Sin embargo, los expertos en bioquímica se concentran más en las reacciones que en los efectos sobre el organismo vivo.
- ✓ **Biotecnología.** Esta disciplina relativamente reciente de la ciencia se suele relacionar con la química. Consiste en la aplicación de la bioquímica y la biología a la hora de crear o modificar material genético u organismos con ciertos fines específicos. Se usa en ámbitos tales como la clonación y la creación de cultivos resistentes a enfermedades, y es una de las que más tendrán que ver con la solución, que sin duda se hallará, para las enfermedades genéticas.
- ✓ **Química inorgánica.** Guarda relación con el estudio de los compuestos inorgánicos, como las sales. Incluye el análisis de la estructura y las propiedades de dichos compuestos. Los expertos en química inorgánica seguramente dirían que se dedican a estudiarlo todo menos el carbono, que lo dejan para los especialistas en química orgánica.
- ✓ **Química orgánica.** Se encarga de estudiar el carbono y sus compuestos. Probablemente sea una de las ramas más organizadas de la química, y con razón. Hay millones de compuestos orgánicos y siguen descubriéndose o creándose muchos más. Las industrias de polímeros, petroquímicas y farmacéuticas dependen de la química orgánica.
- ✓ **Química física.** Analiza cómo y por qué razón un sistema químico se comporta como lo hace. Los especialistas en química física estudian las propiedades físicas y el comportamiento de la materia; asimismo intentan desarrollar modelos y teorías que describan ese comportamiento. Los capítulos 10 y 15 tocan temas de interés para esta especialidad.

Todos los químicos, sea cual sea su especialidad, suelen analizar el mundo que los rodea de dos maneras: desde el punto de vista macroscópico y desde el microscópico. Los próximos apartados analizan estos dos puntos de vista.

Perspectiva macroscópica frente a perspectiva microscópica

La mayoría de los químicos que conozco trabajan igual de cómodos en dos universos. Uno es el universo *macroscópico*; el que vemos, percibimos y tocamos; es el mundo de las batas de laboratorio manchadas de examinar cosas como cloruro sódico para crear cosas como gas hidrógeno. El reino *macroscópico* es el mundo de los experimentos, o lo que algunas personas no científicas identifican como mundo real.

Pero los químicos también trabajan cómodos en el mundo *microscópico*, ese que no se percibe a simple vista ni se toca directamente. En este ámbito se trabaja con teorías y modelos. Quizá midan el volumen y la presión de un gas en el mundo macroscópico, pero deben realizar una traslación mental de esas medidas para saber qué separación mantienen las partículas del gas a un nivel microscópico.

A veces los científicos se habitúan tanto a pasar de uno de esos mundos al otro que lo hacen hasta sin darse cuenta. Un hecho u observación en el mundo macroscópico inspira una idea relacionada con el mundo microscópico, y viceversa. Este flujo de ideas puede resultar desconcertante de entrada, pero a medida que te adentras en la química te adaptas y se convierte en algo automático.

Química pura frente a química aplicada

En la *química pura* hay libertad para estudiar cualquier tema que te interese (o para realizar cualquier investigación que cuente con dotación económica). Nadie espera descubrir una aplicación práctica inmediata para esa investigación. Solo se aspira a saber por saber. Esta clase de investigación (a menudo denominada *investigación básica*) se lleva a cabo sobre todo en las escuelas y facultades universitarias, donde se recurre a estudiantes de grado y de posgrado para que contribuyan a realizar la investigación. Los investigadores publican sus resultados en revistas especializadas para que otros expertos en química los sometan a escrutinio e intenten refutarlos. La financiación casi siempre representa un problema, porque la experimentación, las sustancias químicas y los equipos son muy caros.

Los profesionales de la *química aplicada* suelen trabajar para empresas privadas. Sus estudios persiguen objetivos muy específicos a corto plazo impuestos por la empresa (el perfeccionamiento de un producto o el desarrollo de una cepa de maíz resistente a enfermedades, por ejemplo). Lo habitual es que haya más dinero para equipos e instrumentación en la química aplicada, pero los profesionales de este campo también sufren la presión de tener que alcanzar los objetivos señalados por la empresa.

Estas dos variantes de la química, la pura y la aplicada, comparten las mismas diferencias esenciales que las que hay entre la ciencia y la tecnología. En *ciencia*, la finalidad consiste en la mera adquisición de conocimiento sin ninguna necesidad de que haya una aplicación práctica aparente. La ciencia es el conocimiento por el conocimiento; por su parte, la *tecnología* es la aplicación de la ciencia para alcanzar una finalidad muy específica.

En nuestra sociedad hay espacio para la ciencia y para la tecnología, igual que para las dos clases de química. La química pura produce datos e información, que más tarde utilizará la química aplicada. Los profesionales de ambas ramas tienen sus propias fortalezas, problemas y presiones. De hecho, los recortes en investigación están animando a numerosas universidades estadounidenses a implicarse mucho más en la obtención de patentes para conseguir fondos procedentes de la transferencia de tecnología al sector privado.

Qué harás en la clase de química

Seguro que en algún punto del camino te has preguntado qué harás en las clases de química. Tal vez fue eso lo que te movió a comprar este libro. Las actividades que realizarás en clase, sobre todo en las sesiones de laboratorio, son idénticas a las que efectúan los químicos para ganarse la vida. Esas actividades se pueden agrupar en las siguientes categorías generales:

- ✓ **Análisis de sustancias.** Tanto los profesionales como los estudiantes determinan qué hay dentro de una sustancia, qué cantidad de algo porta una sustancia o ambas cosas. Analizan sólidos, líquidos y gases. A veces buscan el principio activo de una sustancia natural, otras analizan agua para averiguar cuánto plomo contiene, etcétera. (Consulta los capítulos 7 y 9.)
- ✓ **Producción o síntesis de sustancias nuevas.** Tanto los profesionales como los estudiantes intentan producir una versión sintética de sustancias que se encuentran en la naturaleza, o crean compuestos

completamente nuevos y únicos. Así, pueden dedicarse a buscar la manera de sintetizar la insulina, o de crear un plástico, un fármaco o una pintura inexistente hasta el momento. También pueden buscar un proceso más eficiente para fabricar un producto ya arraigado. (Consulta los capítulos 7 y 8.)

- ✓ **Desarrollo de modelos y comprobación del potencial predictivo de las teorías.** Esta rama de la química recibe el nombre de *química teórica* y consiste en el desarrollo de modelos de sistemas químicos por ordenador. Es el mundo de las matemáticas y los ordenadores. Algunos de los profesionales de esta especialidad ni siquiera tienen una bata de laboratorio. (Consulta los capítulos 6 y 15.)
- ✓ **Medición de las propiedades físicas de las sustancias.** Tanto los profesionales como los estudiantes miden el punto de fusión y el punto de ebullición de compuestos nuevos. Miden la solidez de un filamento polimérico nuevo o determinan el octanaje de un nuevo carburante. (Consulta el capítulo 10.)

A qué podrías dedicarte si te graduaras en química

Aunque estés haciendo tu primer curso de química, tal vez te plantees cómo sería tu vida si te graduaras en química. Quizá imagines a todos los químicos encerrados en un laboratorio mohoso trabajando para alguna gran compañía química, pero hay muchos que ocupan puestos de trabajo en una diversidad de espacios, como los siguientes:

- ✓ **Controles de calidad.** Someten materias primas, productos intermedios y productos finales a pruebas de pureza para asegurarse de que cumplen las especificaciones. También ofrecen ayuda técnica al cliente o examinan productos devueltos.
- ✓ **Investigación industrial.** Quienes se dedican a esta profesión realizan gran cantidad de pruebas físicas y químicas con materiales. Desarrollan productos nuevos o perfeccionan productos ya existentes trabajando a veces con clientes concretos para formular productos que cubran unas necesidades específicas. También pueden prestar asistencia técnica a los clientes.
- ✓ **Representantes de ventas.** También se puede ejercer como representante de ventas para empresas que comercialicen productos químicos o farmacéuticos. Llaman a los clientes y los informan de los nuevos productos que se están desarrollando, o ayudan a los clientes a resolver problemas.
- ✓ **Químicos forenses.** Analizan muestras tomadas en la escena de un crimen o muestras para detectar estupefacientes. También los llaman para declarar en juicios como testigos expertos.
- ✓ **Químicos medioambientales.** Trabajan en sitios como plantas purificadoras de agua, agencias para la protección del medio ambiente, ministerios de energía o instituciones parecidas. Este tipo de trabajo atrae a los entusiastas de la química que también son aficionados a disfrutar de la naturaleza. Suelen salir al exterior para obtener sus propias muestras.
- ✓ **Conservación del patrimonio artístico e histórico.** Los especialistas en química también trabajan en la restauración de obras de arte y a veces se dedican a detectar falsificaciones. Estos expertos preservan el patrimonio del deterioro que sufre por la contaminación del aire y el agua.
- ✓ **Enseñanza de la química.** Los graduados en química que ejercen la docencia pueden enseñar física y química en centros de enseñanza. Los profesores de química de las universidades suelen dirigir proyectos de investigación y trabajar con estudiantes de posgrado. También pueden especializarse en la enseñanza de la química en organismos tales como las sociedades de química.

Estas solo son algunas de las profesiones que pueden ejercer los químicos. Ni siquiera he mencionado los campos de la legislación, la medicina, la redacción de informes técnicos, las relaciones gubernamentales o las labores de consultoría. Los especialistas en química intervienen en casi todos los ámbitos de la sociedad. ¡Algunos hasta escriben libros!

