

- 1.1 El estudio de la química
- 1.2 Clasificaciones de la materia
- 1.3 Propiedades de la materia
- 1.4 Unidades de medición
- 1.5 Incertidumbre en las mediciones
- 1.6 Análisis dimensional

¿**ALGUNA VEZ** se ha preguntado por qué el hielo se derrite y el agua se evapora? ¿Por qué las hojas cambian de color en el otoño y cómo una batería genera electricidad? ¿Por qué si mantenemos fríos los alimentos se retarda su descomposición y cómo nuestros cuerpos usan los alimentos para mantener la vida? La química proporciona respuestas a estas preguntas y a un sinnúmero de otras similares. La **química**

es el estudio de las propiedades de los materiales y de los cambios que sufren éstos. Uno de los atractivos de aprender química es ver cómo los principios químicos operan en todos los aspectos de nuestra vida, desde las actividades cotidianas como encender un fósforo hasta cuestiones más trascendentes como el desarrollo de medicamentos para curar el cáncer y otras enfermedades.

El lector apenas se inicia en la aventura de estudiar química. En cierto sentido, este libro es su guía para el viaje. Esperamos que, a lo largo de sus estudios, este texto no sea sólo una fuente de información, sino también de disfrute. Tenga siempre presente que los conceptos y datos de la química que le pedirán aprender no son un fin en sí mismos, sino herramientas para entender mejor el mundo que nos rodea. Este primer capítulo sienta los cimientos para nuestro estudio presentando un panorama general de lo que trata la química, así como algunos aspectos fundamentales de la materia y de las mediciones científicas. La lista de la derecha, intitulada “Lo que veremos”, resume las ideas que consideraremos en el capítulo.

### ► Lo que veremos ◀

- Iniciaremos nuestro estudio con una perspectiva muy breve de qué es la química y por qué es útil estudiarla.
- Luego examinaremos las formas fundamentales de clasificar los materiales, distinguiendo entre *sustancias puras* y *mezclas*, y observando que hay dos tipos de sustancias puras básicamente distintas: *elementos* y *compuestos*.
- Luego consideraremos algunas de las *propiedades* que usamos para caracterizar, identificar y separar sustancias.
- Muchas propiedades se basan en mediciones cuantitativas, que tienen tanto números como unidades.
- Las unidades de medición empleadas en ciencias son las del *sistema métrico*, un sistema decimal de medidas.
- La incertidumbre inherente a todas las cantidades medidas y a las obtenidas de cálculos en los que intervienen cantidades medidas se expresa con el número de dígitos significativos o *cifras significativas* con que se informa un número.
- En los cálculos se utilizan números y unidades; utilizar las unidades correctas en un cálculo es una forma importante de comprobar que el resultado sea correcto.

## 1.1 El estudio de la química

Antes de viajar a una ciudad desconocida, es recomendable estudiar un mapa para tener una idea de cómo llegar ahí. Dado que el lector tal vez no está familiarizado con la química, le conviene formarse una idea general de lo que le espera antes de iniciar el viaje. De hecho, podríamos incluso preguntarnos por qué vamos a realizarlo.

### La perspectiva molecular de la química

La química implica estudiar las propiedades y el comportamiento de la materia. La **materia** es el material físico del universo; es cualquier cosa que tiene masa y ocupa espacio. Este libro, nuestro organismo, la ropa que usamos y el aire que respiramos son ejemplos de materia. No todas las formas de la materia son tan comunes o tan conocidas, pero incontables experimentos han demostrado que la enorme variedad de la materia en nuestro mundo se debe a combinaciones de apenas poco más de un ciento de sustancias muy básicas o elementales, llamadas **elementos**. Al avanzar en este texto, trataremos de relacionar las propiedades de la materia con su composición; esto es, con los elementos específicos que contiene.

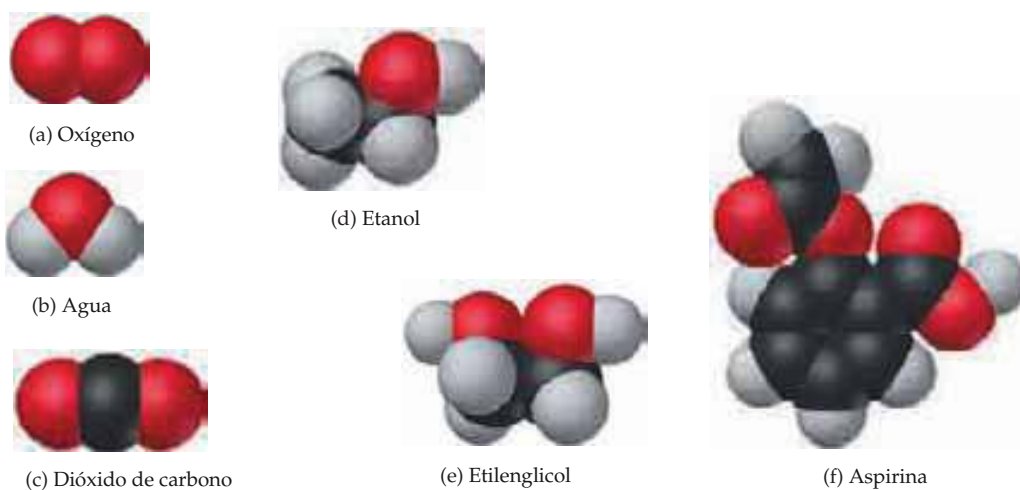
La química también proporciona antecedentes para entender las propiedades de la materia en términos de **átomos**, los bloques de construcción casi infinitesimalmente pequeños de la materia. Cada elemento se compone de una sola clase de átomos. Veremos que las propiedades de la materia se relacionan no sólo con las clases de átomos que contiene (*composición*), sino también con la organización de dichos átomos (*estructura*).

Los átomos se pueden combinar para formar **moléculas**, en las que dos o más átomos se unen en estructuras específicas. En todo este texto representaremos las moléculas con esferas coloreadas para mostrar cómo se enlazan sus átomos constituyentes (Figura 1.1 ▼). El color sólo es una forma conveniente de distinguir los átomos de diferentes elementos. Las moléculas de etanol y etilenglicol, representadas en la figura 1.1, difieren en su composición. El etanol contiene una esfera, que representa un átomo de oxígeno, mientras que el etilenglicol contiene dos.

Incluso diferencias, que pueden parecer triviales en la composición y estructura de las moléculas, pueden dar pie a diferencias profundas en sus propiedades. El etanol, también llamado alcohol de grano, es el alcohol de las bebidas como cerveza y vino. El etilenglicol, en cambio, es un líquido viscoso que se emplea en los anticon-



**Ejercicios con el CD-ROM**  
Oxígeno, agua, dióxido de carbono, etanol, etilenglicol, aspirina  
(Oxygen, Water, Carbon Dioxide, Ethanol, Ethylene Glycol, Aspirin)



▲ **Figura 1.1** Modelos moleculares. Las esferas blancas, gris oscuro y rojo representan átomos de hidrógeno, carbono y oxígeno, respectivamente.

gelantes para automóviles. Las propiedades de estas dos sustancias difieren en muchos aspectos, incluidas las temperaturas a las que se congelan y hierven. Uno de los retos que enfrentan los químicos es el de producir moléculas de forma controlada, creando nuevas sustancias con diferentes propiedades.

Todo cambio en el mundo observable —desde el agua en ebullición hasta los cambios que ocurren cuando nuestro organismo combate a los virus invasores— se basa en el mundo no observable de los átomos y las moléculas. Por tanto, conforme nos adentremos en el estudio de la química, comenzaremos a pensar dentro de dos reinos, el reino *macroscópico* de los objetos de tamaño ordinario (*macro* = grande) y el reino submicroscópico de los átomos. Efectuamos nuestras observaciones en el mundo macroscópico de nuestros sentidos ordinarios; en el laboratorio y en nuestro entorno. Sin embargo, para entender ese mundo debemos visualizar el comportamiento de los átomos.

### ¿Por qué estudiar química?

La química permite obtener un entendimiento importante de nuestro mundo y su funcionamiento. Se trata de una ciencia eminentemente práctica que tiene una influencia enorme sobre nuestra vida diaria. De hecho, la química está en el centro de muchas cuestiones que preocupan a casi todo mundo: el mejoramiento de la atención médica, la conservación de los recursos naturales, la protección del entorno, la satisfacción de nuestras necesidades diarias en cuanto a alimento, vestido y albergue. Con la ayuda de la química, hemos descubierto sustancias farmacéuticas que fortalecen nuestra salud y prolongan nuestra vida. Hemos aumentado la producción de alimentos mediante el desarrollo de fertilizantes y plaguicidas. Hemos creado plásticos y otros materiales que se usan en casi todas las facetas de nuestra vida. Desafortunadamente, algunos productos químicos también pueden dañar nuestra salud o el entorno. Nos conviene, como ciudadanos educados y consumidores, entender los profundos efectos, tanto positivos como negativos, que las sustancias químicas tienen sobre nuestra vida, y encontrar un equilibrio sobre su uso.

No obstante, casi todos los lectores de esta obra estarán estudiando química no sólo para satisfacer su curiosidad o para convertirse en consumidores o ciudadanos más informados, sino porque es un componente obligatorio de su plan de estudios. La carrera que están estudiando podría ser biología, ingeniería, agronomía, geología o algún otro campo. ¿Por qué tantos temas diversos tienen un vínculo esencial con la química? La respuesta es que la química, por su misma naturaleza, es la *ciencia central*. Nuestras interacciones con el mundo material hacen surgir preguntas fundamentales acerca de los materiales que nos rodean. ¿Qué composición y propiedades tienen? ¿Cómo interactúan con nosotros y con el entorno? ¿Cómo, por qué y cuándo cambian? Estas preguntas son importantes sea que el material forme parte de un *chip* de computadora de alta tecnología, un pigmento empleado por un pintor del Renacimiento o el ADN (o DNA, siglas usadas internacionalmente) que transmite información genética en nuestro cuerpo (Figura 1.2 ▼). La química proporciona respuestas a éstas y a innumerables preguntas más.



◀ **Figura 1.2** (a) Vista microscópica de un *chip* de computadora. (b) Pintura del Renacimiento, *Muchacha que lee*, por Vittore Carpaccio (1472-1526). (c) Hebra larga de ADN que se salió de una bacteria cuya pared celular sufrió daños.

Al estudiar química, aprenderemos a usar el potente lenguaje y las ideas que han surgido para describir y entender la materia. El lenguaje de la química es un lenguaje científico universal que se emplea ampliamente en otras disciplinas. Además, entender el comportamiento de los átomos y las moléculas nos permite comprender mejor otras áreas de la ciencia, la tecnología y la ingeniería modernas. Por esta razón, es probable que la química desempeñe un papel importante en su futuro. El lector estará mejor preparado para el futuro si amplía su entendimiento de los principios químicos, y el objetivo de este libro es ayudarlo a alcanzar esa meta.



### La química en acción La química y la industria química

Muchos conocemos productos químicos caseros comunes como los que se muestran en la figura 1.3 ▶, pero pocos nos damos cuenta de lo enorme e importante que es la industria química. Las ventas mundiales de productos químicos y relacionados con la química fabricados en Estados Unidos ascienden a más de 400,000 millones de dólares anuales. La industria química da empleo a más del 10% de todos los científicos e ingenieros y contribuye de manera importante a la economía estadounidense.

Se producen enormes cantidades de productos químicos cada año que sirven como materia prima en diversas aplicaciones, incluidas la fabricación de metales, plásticos, fertilizantes, medicamentos, combustibles, pinturas, adhesivos, plaguicidas, fibras sintéticas, *chips* microprocesadores y muchos otros productos. En la tabla 1.1 ▼ se enumeran los principales 10 productos químicos fabricados en Estados Unidos. Estudiaremos muchas de estas sustancias y sus usos conforme el curso avance.

Quienes tienen estudios de química cubren diversos puestos en la industria, el gobierno y las universidades. Los que trabajan en la industria química encuentran acomodo como químicos de laboratorio, realizando experimentos para desarrollar nuevos productos (investigación y desarrollo), analizando materiales (control de calidad) o ayudando a los clientes a usar los productos (ventas y servicio). Aquellos con más experiencia o capacitación pueden trabajar como gerentes o directores de empresas. También hay carreras alternas para las que la química puede servir como preparación: docencia, medicina, investigaciones biomédicas, informática, ecología, ventas técnicas, trabajo con organismos gubernamentales reguladores y leyes de patentes.



▲ **Figura 1.3** Muchos productos de supermercado comunes tienen composiciones químicas muy sencillas.

**TABLA 1.1** Los 10 principales productos químicos elaborados por la industria química en el 2000<sup>a</sup>

| Lugar | Sustancia          | Fórmula                        | Producción en el 2000<br>(miles de millones de libras) | Usos finales principales                       |
|-------|--------------------|--------------------------------|--|--|
| 1     | Ácido sulfúrico    | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 87   | Fertilizantes, plantas químicas                |
| 2     | Nitrógeno          | N <sub>2</sub>                 | 81   | Fertilizantes                                  |
| 3     | Oxígeno            | O <sub>2</sub>                 | 55   | Acero, soldadura                               |
| 4     | Etileno            | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  | 55   | Plásticos, anticongelante                      |
| 5     | Cal viva           | CaO                            | 44   | Papel, cemento, acero                          |
| 6     | Amoniaco           | NH <sub>3</sub>                | 36   | Fertilizantes                                  |
| 7     | Propileno          | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>  | 32   | Plásticos                                      |
| 8     | Ácido fosfórico    | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 26   | Fertilizantes                                  |
| 9     | Cloro              | Cl <sub>2</sub>                | 26   | Blanqueadores, plásticos, purificación de agua |
| 10    | Hidróxido de sodio | NaOH                           | 24   | Producción de aluminio, jabón                  |

<sup>a</sup>Casi todos los datos se tomaron de *Chemical and Engineering News*, 25 de junio de 2001, pp. 45 y 46.


## 1.2 Clasificaciones de la materia

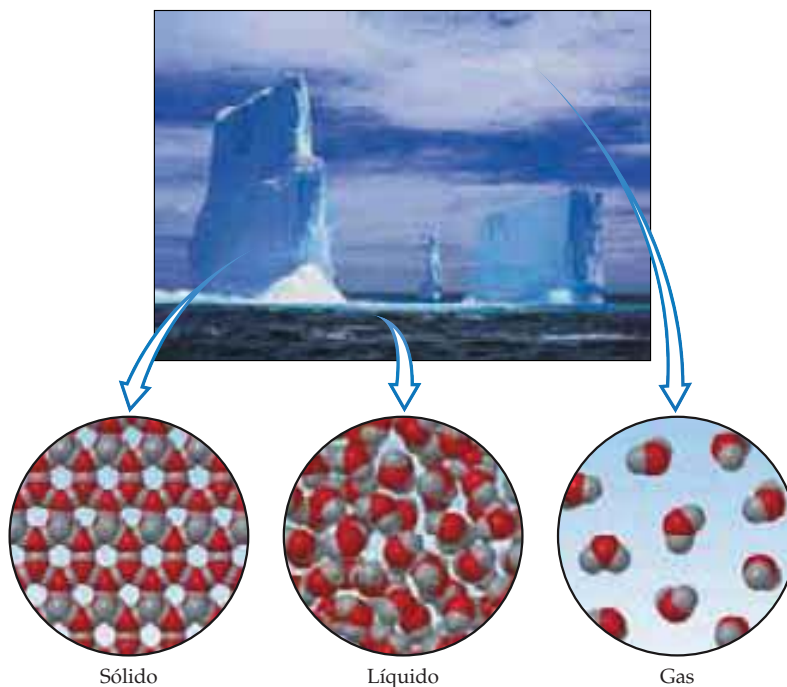
Iniciemos nuestro estudio de la química examinando algunas formas fundamentales de clasificar y describir la materia. Dos de los principales métodos de clasificación de la materia se basan en su estado físico (como gas, líquido o sólido) y en su composición (como elemento, compuesto o mezcla).

### Estados de la materia

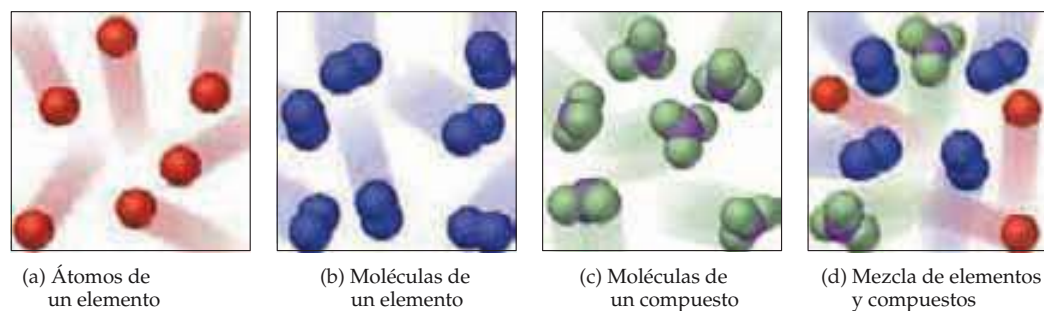
Una muestra de materia puede ser gaseosa, líquida o sólida. Estas tres formas de materia se denominan **estados de la materia**. Los estados de la materia difieren en algunas de sus propiedades observables. Un **gas** (también llamado *vapor*) no tiene volumen ni forma fijos; más bien, se ajusta al volumen y la forma del recipiente que lo contiene. Podemos comprimir un gas de modo que ocupe un volumen más pequeño, o expandirlo para ocupar uno mayor. Un **líquido** tiene un volumen definido independiente del recipiente pero no tiene forma específica; asume la forma de la porción del recipiente que ocupa. Un **sólido** tiene forma y volumen definidos; es rígido. Ni los líquidos ni los sólidos pueden comprimirse de forma apreciable.

Las propiedades de los estados pueden entenderse en el nivel molecular (Figura 1.4 ▼). En un gas, las moléculas están muy separadas y se mueven a alta velocidad, chocando repetidamente entre sí y con las paredes del recipiente. En un líquido, las moléculas están más cercanas, pero aún se mueven rápidamente, y pueden deslizarse unas sobre otras; por ello los líquidos fluyen fácilmente. En un sólido, las moléculas están firmemente unidas entre sí, por lo regular en patrones definidos dentro de los cuales las moléculas apenas pueden moverse un poco de esas posiciones fijas. Por ello, los sólidos tienen forma rígida.

 Ejercicios con el CD-ROM  
Fases de la materia  
(Phases of Matter)



◀ **Figura 1.4** Los tres estados físicos del agua son vapor de agua, agua líquida y hielo. En esta fotografía vemos los estados sólido y líquido del agua. No podemos ver el vapor de agua. Lo que vemos cuando miramos vapor o nubes son pequeñas gotitas de agua líquida dispersas en la atmósfera. Las vistas moleculares muestran que las moléculas en el sólido están dispuestas en una forma más ordenada que en el líquido. Las moléculas del gas están mucho más separadas que en el líquido o en el sólido.



▲ **Figura 1.5** Cada elemento contiene una sola clase de átomos. Los elementos pueden consistir en átomos individuales, como en (a), o moléculas, como en (b). Los compuestos contienen dos o más átomos distintos enlazados químicamente, como en (c). Una mezcla contiene las unidades individuales de sus componentes, que en (d) se muestran como átomos y moléculas.

### Sustancias puras

La mayor parte de las formas de materia con las que nos topamos —por ejemplo, el aire que respiramos (un gas), la gasolina para los autos (un líquido) y la acera por la que caminamos (un sólido)— no son químicamente puras. No obstante, podemos descomponer, o separar, estas clases de materia en diferentes sustancias puras. Una **sustancia pura** (o simplemente *sustancia*) es materia que tiene propiedades definidas y una composición que no varía de una muestra a otra. El agua y la sal de mesa ordinaria (cloruro de sodio), que son los principales componentes del agua de mar, son ejemplos de sustancias puras.

Todas las sustancias son elementos o compuestos. Los **elementos** no pueden descomponerse en sustancias más simples. En el nivel molecular, cada elemento se compone de un solo tipo de átomo [Figura 1.5 (a y b) ▲]. Los **compuestos** son sustancias compuestas de dos o más elementos, y por tanto, contienen dos o más clases de átomos [Figura 1.5(c)]. El agua, por ejemplo, es un compuesto constituido por dos elementos, hidrógeno y oxígeno. La figura 1.5(d) muestra una mezcla de sustancias. Las **mezclas** son combinaciones de dos o más sustancias en las que cada sustancia conserva su propia identidad química.

### Elementos

En la actualidad se conocen 114 elementos, los cuales varían ampliamente en su abundancia, como se muestra en la figura 1.6 ▼. Por ejemplo, más del 90% de la corteza terrestre consta de sólo cinco elementos: oxígeno, silicio, aluminio, hierro y calcio. En contraste, sólo tres elementos (oxígeno, carbono e hidrógeno) constituyen más del 90% de la masa del cuerpo humano.

► **Figura 1.6** Elementos, en porcentaje en masa, en (a) la corteza terrestre (incluidos los océanos y la atmósfera) y (b) el cuerpo humano.

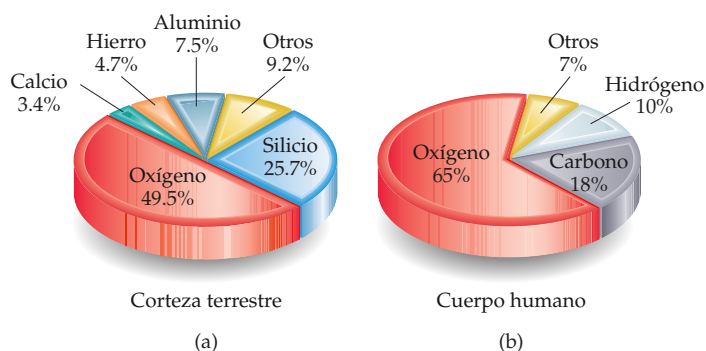


TABLA 1.2 Algunos elementos comunes y sus símbolos

|           |                           |          |    |          |                             |
|-----------|---------------------------|----------|----|----------|-----------------------------|
| Carbono   | C                         | Aluminio | Al | Cobre    | Cu (de <i>cuprum</i> )      |
| Flúor     | F                         | Bario    | Ba | Hierro   | Fe (de <i>ferrum</i> )      |
| Hidrógeno | H                         | Calcio   | Ca | Plomo    | Pb (de <i>plumbum</i> )     |
| Yodo      | I (de <i>iodine</i> )     | Cloro    | Cl | Mercurio | Hg (de <i>hydrargyrum</i> ) |
| Nitrógeno | N                         | Helio    | He | Potasio  | K (de <i>kalium</i> )       |
| Oxígeno   | O                         | Magnesio | Mg | Plata    | Ag (de <i>argentum</i> )    |
| Fósforo   | P (de <i>phosphorus</i> ) | Platino  | Pt | Sodio    | Na (de <i>natrium</i> )     |
| Azufre    | S (de <i>sulfur</i> )     | Silicio  | Si | Estaño   | Sn (de <i>stannum</i> )     |

En la tabla 1.2 ▲ se enlistan algunos de los elementos más conocidos, junto con las abreviaturas químicas —o *símbolos* químicos— que usamos para denotarlos. Todos los elementos conocidos y sus símbolos se listan en el interior de la portada de este texto. La tabla en la que el símbolo de cada elemento se encierra en un cuadro se denomina *tabla periódica*. En ella, los elementos se disponen en columnas de modo que los que presentan propiedades muy parecidas queden juntos. Describiremos esta importante herramienta con mayor detalle en la Sección 2.5.

El símbolo de cada elemento consiste en una o dos letras, siendo la primera mayúscula. En muchos casos estos símbolos se derivan del nombre en inglés del elemento, pero a veces se derivan de su nombre en latín o griego (última columna de la tabla 1.2). El lector tendrá que aprender estos símbolos y otros que encontraremos más adelante en el texto.

## Compuestos

Casi todos los elementos pueden interactuar con otros elementos para formar compuestos. El hidrógeno gaseoso, por ejemplo, arde en oxígeno para formar agua. Por otro lado, es posible descomponer agua en sus elementos constituyentes pasando a través de ella una corriente eléctrica, como se muestra en la figura 1.7 ►. El agua pura, sea cual sea su origen, consiste en 11% de hidrógeno y 89% de oxígeno en masa. Esta composición macroscópica del agua corresponde a su composición molecular, que consta de dos átomos de hidrógeno combinados con uno de oxígeno. Como puede verse en la tabla 1.3 ▼, las propiedades del agua no se parecen a las de sus elementos componentes. El hidrógeno, el oxígeno y el agua son sustancias distintas.

La observación de que la composición elemental de un compuesto puro siempre es la misma se conoce como **ley de la composición constante** (o **ley de las proporciones definidas**). El primero en proponer esta ley fue el químico francés Joseph Louis Proust (1754-1826) alrededor de 1800. Aunque esta ley se ha conocido durante casi 200 años, entre algunas personas persiste la creencia general de que hay una diferencia fundamental entre los compuestos preparados en el laboratorio y los compuestos correspondientes que se encuentran en la naturaleza. No obstante, un compuesto puro tiene la misma composición y propiedades sea cual sea su origen. Tanto los químicos como la naturaleza deben usar los mismos elementos y sujetarse a las mismas leyes naturales. Las diferencias de composición y propiedades entre dos sustancias indican que contienen distintos compuestos o que difieren en su grado de pureza.

TABLA 1.3 Comparación de agua, hidrógeno y oxígeno

|                            | Agua      | Hidrógeno | Oxígeno  |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|
| Estado <sup>a</sup>        | Líquido   | Gas       | Gas      |
| Punto de ebullición normal | 100°C     | -253°C    | -183°C   |
| Densidad <sup>a</sup>      | 1.00 g/mL | 0.084 g/L | 1.33 g/L |
| Inflamable                 | No        | Sí        | No       |

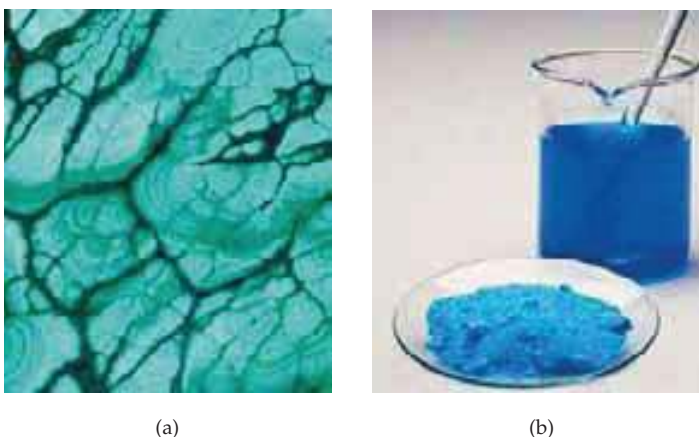
<sup>a</sup> A temperatura ambiente y presión atmosférica estándar. (Véase la Sección 10.2.)



▲ **Figura 1.7** El agua se descompone en sus elementos constituyentes, hidrógeno y oxígeno, cuando se hace pasar una corriente eléctrica directa a través suyo. El volumen de hidrógeno (derecha) es el doble que el volumen de oxígeno (izquierda).



Ejercicios con el CD-ROM  
Electrólisis del agua  
(Electrolysis of Water)



► **Figura 1.8** (a) Muchos materiales comunes, como las rocas, son heterogéneos. Esta fotografía amplificada es de *malaquita*, un mineral de cobre. (b) Las mezclas homogéneas se llaman disoluciones. Muchas sustancias, como el sólido azul que se muestra en esta fotografía (sulfato de cobre), se disuelven en agua para formar soluciones.

## Mezclas

Casi toda la materia que nos rodea consiste en mezclas de sustancias. Cada sustancia de una mezcla conserva su identidad química, y por tanto, sus propiedades. Mientras que las sustancias puras tienen composición fija, la composición de una mezcla puede variar. Una taza de café endulzado, por ejemplo, puede contener poca o mucha azúcar. Las sustancias que constituyen una mezcla (como azúcar y agua) se denominan *componentes* de la mezcla.

Algunas mezclas, como la arena, las rocas y la madera, no tienen la misma composición, propiedades y aspecto en todos sus puntos. Tales mezclas son *heterogéneas* [Figura 1.8(a) ▲] Las mezclas que son uniformes en todos sus puntos son *homogéneas*. El aire es una mezcla homogénea de las sustancias gaseosas nitrógeno, oxígeno y cantidades más pequeñas de otras sustancias. El nitrógeno del aire tiene todas las propiedades del nitrógeno puro, porque tanto la sustancia pura como la mezcla, contienen las mismas moléculas de nitrógeno. La sal, el azúcar y muchas otras sustancias se disuelven en agua para formar mezclas homogéneas [Figura 1.8(b)]. Las mezclas homogéneas también se llaman **disoluciones**. La figura 1.9 ► resume la clasificación de la materia en elementos, compuestos y mezclas.

### EJERCICIO TIPO 1.1

El “oro blanco” empleado en joyería contiene dos elementos, oro y paladio. Dos muestras distintas de oro blanco difieren en las cantidades relativas de oro y paladio que contienen. Ambas tienen composición uniforme. Sin saber más acerca de los materiales, ¿cómo clasificaría al oro blanco?

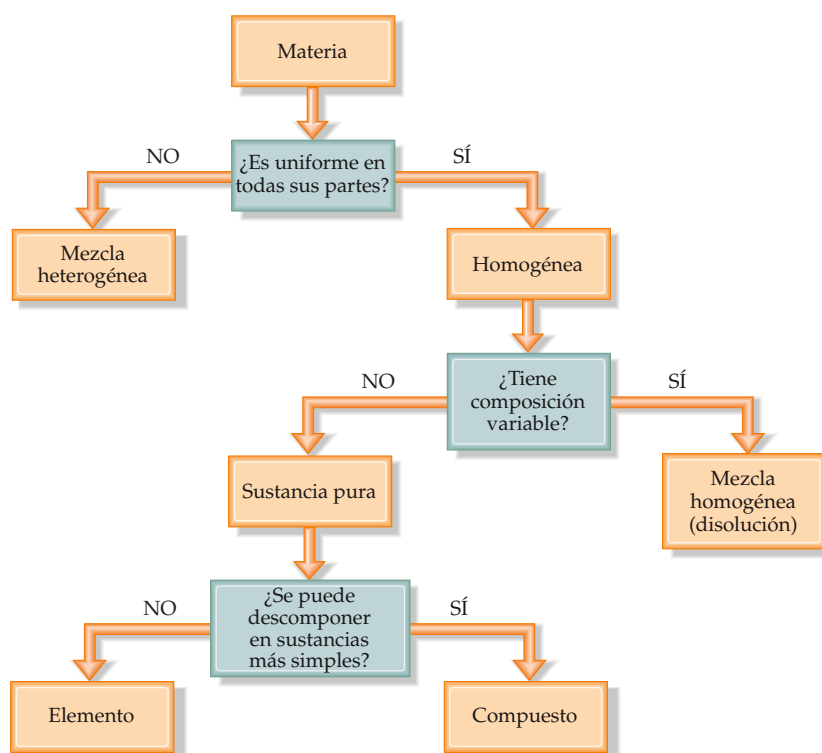
**Solución** Usemos el esquema de la figura 1.9. Dado que el material es uniforme, es homogéneo. Puesto que su composición difiere entre las dos muestras, no puede ser un compuesto; debe ser una mezcla homogénea. Podemos decir que el oro y el paladio forman una disolución sólida.

### EJERCICIO DE APLICACIÓN


La aspirina se compone de 60.0% de carbono, 4.5% de hidrógeno y 35.5% de oxígeno en masa, sea cual sea su origen. ¿La aspirina es una mezcla o un compuesto?

**Respuesta:** un compuesto, porque su composición es constante





▲ **Figura 1.9** Esquema de clasificación de la materia. En el nivel químico, toda la materia se clasifica en última instancia como elementos o compuestos.

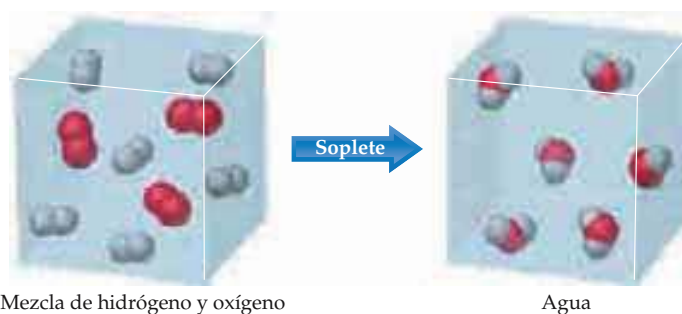
 Ejercicios con el CD-ROM  
Clasificación de la materia  
(Classification of Matter)

## 1.3 Propiedades de la materia

Cada sustancia tiene un conjunto único de *propiedades*: características que permiten reconocerla y distinguirla de otras sustancias. Por ejemplo, las propiedades dadas en la tabla 1.3 nos permiten distinguir el hidrógeno, el oxígeno y el agua. Las propiedades de la materia se pueden agrupar en dos categorías: físicas y químicas. Podemos medir las **propiedades físicas** sin cambiar la identidad ni la composición de la sustancia. Estas propiedades incluyen color, olor, densidad, punto de fusión, punto de ebullición y dureza. Las **propiedades químicas** describen la forma en que una sustancia puede cambiar o *reaccionar* para formar otras sustancias. Por ejemplo, una propiedad química común es la inflamabilidad, la capacidad de una sustancia para arder en presencia de oxígeno.

Algunas propiedades —como la temperatura, el punto de fusión y la densidad— no dependen de la cantidad de muestra que se está examinando. Estas propiedades, llamadas **propiedades intensivas**, son especialmente útiles en química porque muchas de ellas pueden servir para *identificar* las sustancias. Las **propiedades extensivas** de las sustancias dependen de la cantidad de la muestra e incluyen mediciones de la masa y el volumen. Las propiedades extensivas tienen que ver con la *cantidad* de sustancia presente.

► **Figura 1.10** En las reacciones químicas, la identidad química de las sustancias cambia. Aquí, una mezcla de hidrógeno y oxígeno sufre un cambio químico para formar agua.

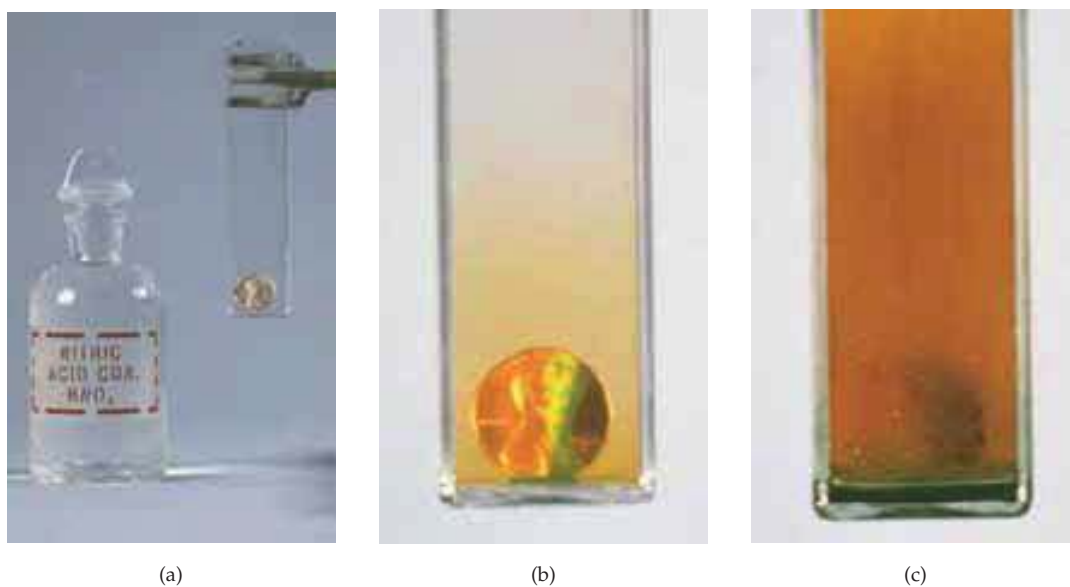


### Cambios físicos y químicos

Al igual que se hace con las propiedades de una sustancia, los cambios que sufren las sustancias se pueden clasificar como físicos o químicos. Durante un **cambio físico**, las sustancias varían su apariencia física pero no su composición. La evaporación del agua es un cambio físico. Cuando el agua se evapora, cambia del estado líquido al gaseoso, pero sigue estando constituida por moléculas de agua, como se mostró en la figura 1.4. Todos los **cambios de estado** (por ejemplo, de líquido a gas o de líquido a sólido) son cambios físicos.

En los **cambios químicos** (también llamados **reacciones químicas**), las sustancias se transforman en sustancias químicamente distintas. Por ejemplo, cuando se quema hidrógeno en aire, sufre un cambio químico porque se combina con oxígeno para formar agua. Este proceso, visto desde la perspectiva molecular, se ilustra en la figura 1.10 ▲.

Los cambios físicos pueden ser drásticos. En el siguiente relato, Ira Remsen, autor de un gustoso texto de química publicado en 1901, describe sus primeras experiencias con las reacciones químicas. La reacción química que observó se muestra en la figura 1.11 ▼.



▲ **Figura 1.11** La reacción química entre un centavo de cobre y ácido nítrico. El cobre disuelto produce la disolución azul-verdosa; el gas marrón rojizo que se produce es dióxido de nitrógeno.