

6

Reacciones químicas

Aprenderás

- Las características principales de los cambios químicos.
- La ley de la conservación de la masa.
- El significado de las ecuaciones químicas.
- La importancia de la energía en las reacciones.

Serás capaz de

- Identificar los cambios físicos y químicos.
- Resolver cuestiones numéricas con la ley de Lavoisier.
- Ajustar ecuaciones químicas sencillas.
- Realizar cálculos elementales con masas y volúmenes en reacciones químicas.

1 Cambios físicos y químicos

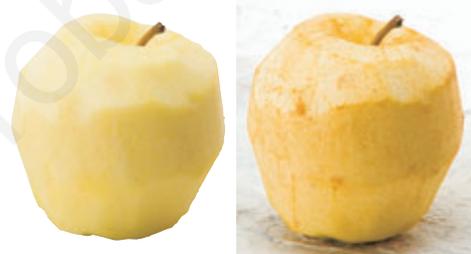
- Los **cambios en la materia** son procesos en los que las sustancias pasan de un estado inicial a otro final distinto. Pueden clasificarse en:
 - **Cambios físicos.** Son los que producen alteraciones en el aspecto de las sustancias pero no en su naturaleza, es decir, **las sustancias siguen siendo las mismas**. Al volver a las condiciones iniciales, las sustancias vuelven a su estado de partida.
 - **Cambios químicos.** Son procesos en los que **unas sustancias se transforman en otras** con propiedades diferentes. Las sustancias que se transforman se denominan **reactivos**, las que se obtienen, **productos**; el proceso se conoce como **reacción química**.

REACTIVOS PRODUCTOS

Para poder afirmar que se ha producido una reacción química es necesaria una evidencia experimental, que puede ser un cambio de color, el desprendimiento de un gas, la aparición de un sólido, etc.

- **En las reacciones químicas**, las moléculas de los reactivos chocan entre sí de manera que **se rompen enlaces y se originan otros nuevos**, formándose las moléculas de los productos.

1. A la vista de las fotos de la manzana, ¿crees que se ha producido alguna reacción química?



2. Indica en qué procesos está ocurriendo una reacción química. Justifica tus respuestas.
 - a) El zumo de uva se convierte en vino.
 - b) Machacamos ajos en un mortero de cocina.
 - c) Disolvemos un sobre de café en una taza de leche.
 - d) Tostamos una rebanada de pan.
 - e) Aliñamos una ensalada con aceite, sal y vinagre.
3. Razona por qué decimos que cuando troceamos un alimento se está produciendo un cambio físico y que cuando lo cocinamos se produce un cambio químico.

2 La conservación de la masa en las reacciones químicas

■ La ley de Lavoisier

Ley de conservación de la masa. En toda reacción química **se conserva la masa**, es decir, la suma de la masa de los reactivos es igual a la suma de la masa de los productos. Observa las fotografías:



La masa de los reactivos es 154,6 g



La masa de los productos es 154,6 g

4. Se calienta una muestra de 10 g de Cu en presencia del oxígeno del aire y se forman 12,52 g de CuO.

a) ¿Qué sustancias son los reactivos y cuáles los productos?

b) ¿Qué masa de oxígeno habrá intervenido en la reacción?

5. Teniendo en cuenta la ley de conservación de la masa, completa los datos de la siguiente reacción química.

Carbono	+	Oxígeno	Dióxido de carbono
12 g		g	44 g
4,8 g		6,4 g	g

6. Razona si contradicen la ley de Lavoisier estas afirmaciones sobre las reacciones químicas:

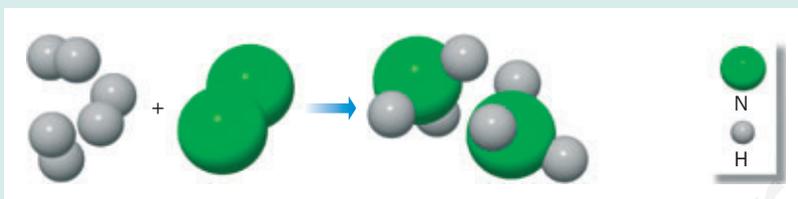
a) Cuando un objeto de metal se oxida, pesa más que al principio.

b) Al arder un tronco, las cenizas pesan menos que el tronco inicial.

■ La justificación de Dalton

En 1800, el químico inglés J. Dalton (1766-1844) formuló una teoría que podía explicar esta ley, indicando que, en una reacción, **el número de átomos de cada elemento es el mismo en los reactivos y en los productos**, aunque la organización de sus enlaces sea diferente.

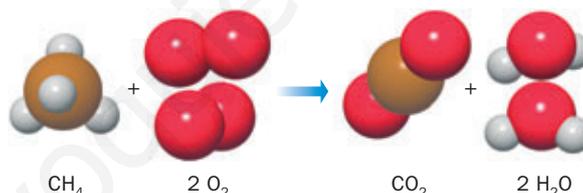
Un ejemplo de esto se pone de manifiesto en el modelo de partículas de la reacción entre el nitrógeno y el hidrógeno, ambos en estado gaseoso. El número de átomos de hidrógeno (H_2) y nitrógeno (N_2) es el mismo antes y después de que reaccionen para dar amoníaco (NH_3).



Se rompen los enlaces H-H y N-N, y se forman enlaces N-H.

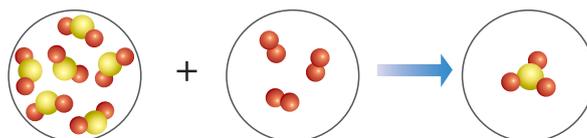
7. Desde el punto de vista teórico, ¿qué se produce en toda reacción química?

8. El esquema representa una reacción química. ¿Qué enlaces se rompen y cuáles se forman?



9. Según Dalton, el número de átomos de cada elemento es el mismo en los reactivos y en los productos, aunque la organización de sus enlaces sea diferente. Aplica esta teoría para completar el siguiente dibujo, sabiendo que:

● son átomos de oxígeno, y ●, átomos de azufre.



3 Las ecuaciones químicas y su ajuste

- Una **ecuación química** es la representación simbólica y abreviada de una reacción química. consta de:
 - **Dos miembros** separados por una flecha () que indica el sentido en que se produce la reacción.
$$A + B + \dots \rightarrow C + D + \dots$$
 - **Las fórmulas** de los reactivos, que se escriben en el primer miembro, y las de los productos, que se escriben en el segundo.
 - **El estado físico** de las sustancias que intervienen. Se escribe con una abreviatura entre paréntesis junto a cada fórmula. Por ejemplo, si interviene agua en estado líquido, se escribirá: $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$.
- **Ajuste de la ecuación química.** En toda reacción química **se cumple la ley de conservación de la masa**, por tanto, cuando se representan ecuaciones químicas hay que igualar el número de átomos en los dos miembros de la ecuación. Los pasos a seguir son:
 - **Se escribe la ecuación química.**
 - **Se analizan los dos miembros de la ecuación**, para ver si en ambos hay el mismo número de átomos de cada elemento.
 - **Se añaden coeficientes** delante de las fórmulas para igualar el número de átomos de cada elemento en ambos miembros.
 - **Se comprueba la igualdad** en el número de átomos de cada elemento.

10. ¿Significan lo mismo las expresiones *ecuación química* y *reacción química*?

11. ¿Qué significado tienen los subíndices en una fórmula química? ¿Y los coeficientes en una ecuación? ¿Se pueden modificar los subíndices al ajustar las ecuaciones químicas?

12. Ajusta la ecuación química siguiente:



13. Asigna valores a los coeficientes a , b , c y d que aparecen en esta ecuación:



14. Escribe y ajusta la ecuación que representa la reacción química entre el dióxido de azufre, SO_2 , y el oxígeno, O_2 , para producir trióxido de azufre, SO_3 .

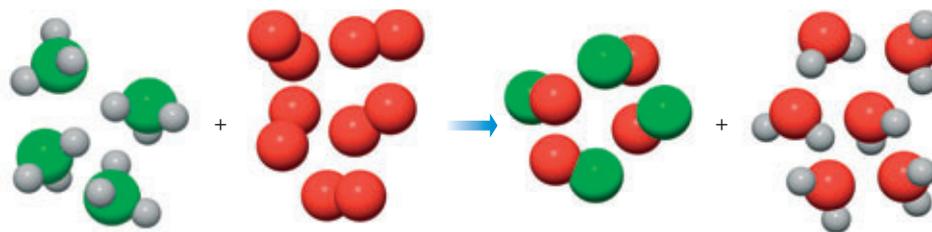
15. Escribe y ajusta la ecuación que representa la reacción entre el sodio, Na , y el agua, H_2O , para producir hidróxido de sodio, NaOH , e hidrógeno, H_2 .

16. Termina de ajustar las siguientes ecuaciones químicas:



17. Ajusta la siguiente ecuación: $\text{C}_5\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

18. Escribe la ecuación representada por el siguiente modelo de partículas, donde las esferas verdes representan átomos de nitrógeno, las rojas, de oxígeno, y las grises, de hidrógeno.



4 Información que proporcionan las ecuaciones químicas ajustadas

Las **ecuaciones químicas** proporcionan **información** de la reacción química que representan, desde puntos de vista, **microscópico** y **macroscópico**.

- **Información desde el punto de vista microscópico.**

- Las **fórmulas** de los reactivos y productos y su **estado físico**.
- El **número de átomos** de cada elemento que interviene.
- El **número de moléculas**.

- **Información desde el punto de vista macroscópico**

- El **número de moles**.
- En el caso de los gases, el **volumen relativo** que ocupan (siempre que se mantengan las condiciones de presión y temperatura).
- **La masa** de los reactivos y de los productos.

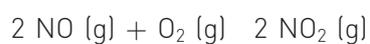
19. La reacción entre el óxido de nitrógeno y el oxígeno para formar dióxido de nitrógeno está representada por el modelo de bolas de la figura.



Escribe la ecuación que representa y extrae, desde un punto de vista microscópico, toda la información posible.

20. ¿En qué tipos de compuestos indican los coeficientes de una ecuación química la proporción en volumen de los reactivos y los productos?

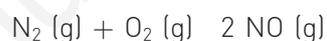
21. En la reacción entre el óxido de nitrógeno y el oxígeno para formar dióxido de nitrógeno:



indica toda la información que proporciona, desde un punto de vista macroscópico.

22. Los coeficientes de una ecuación química, ¿aportan directamente datos de la masa de las sustancias que intervienen en ella?

23. Deduce toda la información posible de la siguiente ecuación química ajustada:



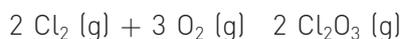
Tanto los reactivos como los productos son gases.

a) Desde el punto de vista microscópico.

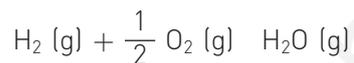
b) Desde el punto de vista macroscópico.

Información que proporcionan las ecuaciones químicas ajustadas

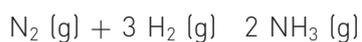
24. Señala la proporción en moles y en volumen de cada componente gaseoso de la ecuación química ajustada:



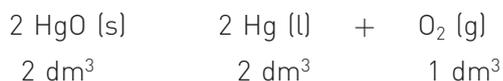
25. ¿Qué información se puede extraer de la siguiente ecuación química sobre el volumen que ocupan los gases que intervienen, medidos a igual presión y temperatura?



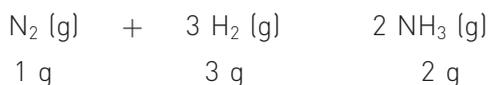
26. Indica toda la información que se extrae de la ecuación química ajustada:



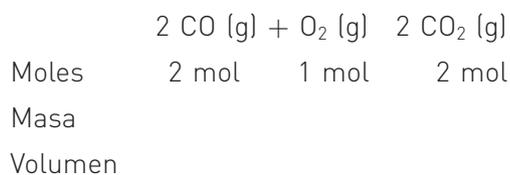
27. En la reacción de descomposición del óxido de mercurio (II), ¿es cierta la proporción en volumen que se indica? ¿Por qué?



28. En la reacción de formación del amoníaco, ¿es cierta la proporción en masa que se indica? ¿Por qué?



29. Completa los datos en la ecuación química:



30. Completa los datos de la siguiente ecuación química.



31. Ajusta esta ecuación y escribe la proporción de moles de cada componente.



5 Cálculos con reacciones químicas

■ Cálculos con masas

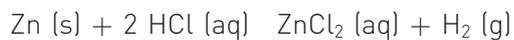
Para realizar **cálculos químicos con masas** debes seguir varias etapas:

- Se **escribe y ajusta la ecuación** química.
- Se indican los **moles que reaccionan** de cada sustancia.
- Se convierten los **moles en gramos** y se encuentra la **proporción en la que reaccionan**.
- Se **aplica esta relación a los datos** que proporcione el enunciado del problema.
- Se **interpreta el resultado**.

32. Calcula los gramos de hidrógeno y de tricloruro de aluminio que se pueden obtener a partir de 270 g de aluminio, y los gramos necesarios de ácido clorhídrico. Sigue las pautas:

- Escribe la ecuación química y ajústala.
- Anota los moles que reaccionan de cada sustancia.
- Convierte los moles en gramos (multiplicando por la masa molar).
- Expresa el dato del problema, 270 g de aluminio, en moles.
- Establece la proporción entre reactivos y productos, con el dato obtenido (en moles).
- Convierte los moles calculados en gramos.
- Interpreta el resultado.

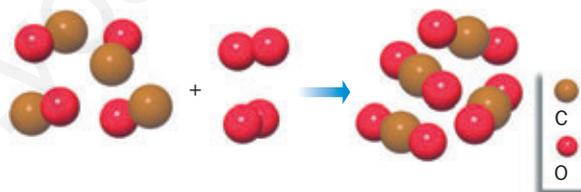
33. Para obtener hidrógeno, se hacen reaccionar 327 g de cinc con una solución de ácido clorhídrico, obteniéndose, además, dicloruro de cinc.



a) ¿Cuántos gramos de reactivos se han empleado?

b) ¿Cuántos gramos de productos se han formado?

34. Observa la reacción química representada en el siguiente modelo de bolas:



a) Escribe la ecuación química correspondiente.

b) Indica la proporción entre moles de reactivos y de productos.

Cálculos con reacciones químicas

■ Cálculos con volúmenes

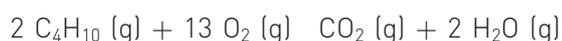
Ley de Avogadro. Para realizar **cálculos químicos con volúmenes** debes tener en cuenta la ley de Avogadro: "El mismo número de moles de gases diferentes ocupan el mismo volumen, siempre que se mida a igual presión y temperatura".

Es decir: **"los volúmenes de los distintos gases que intervienen en una reacción guardan entre sí la misma relación que su número de moles"**.

35. Cuando se quema gas metano, CH_4 , en presencia de oxígeno, se obtiene dióxido de carbono, CO_2 , y agua, H_2O , en estado gaseoso. Si se han consumido 30 L de CH_4 (g), calcula los volúmenes (en litros) de CO_2 (g) y de H_2O (g) que se producirán, y el de O_2 (g) necesario, sabiendo que todos estos gases están a igual presión y temperatura. Para ello sigue las pautas:

- Escribe la ecuación química ajustada.
- Anota los volúmenes de cada gas, teniendo en cuenta sus coeficientes (elige una unidad de volumen, por ejemplo 1 L).
- Establece la nueva proporción de volúmenes con el dato del volumen de metano consumido.
- Convierte los moles en gramos.
- Interpreta el resultado.

36. En la ecuación química siguiente reaccionan 4 mol de butano. ¿Qué proporción hay entre los volúmenes de cada uno de los gases que intervienen en la reacción, medidos a igual presión y temperatura?



37. En la reacción de combustión del propano se han obtenido 24 L de dióxido de carbono.



a) Calcula el volumen de propano consumido.

b) Halla el volumen de oxígeno utilizado y el de agua producido.

38. La siguiente reacción química entre gases transcurre sin variar la presión ni la temperatura.



a) Halla el número de moléculas de NO necesarias para obtener 50 moléculas de NO₂.

b) ¿Qué relación guardan los volúmenes de O₂ y de NO₂ que reaccionan?

c) Determina los gramos necesarios de NO para obtener 276 g de NO₂.

6 Aspectos energéticos de las reacciones químicas

■ Reacciones exotérmicas y endotérmicas

- La **energía química** es la contenida en los enlaces de todas las sustancias químicas. En las reacciones, la energía química de los reactivos, E_r , es distinta de la energía química de los productos, E_p . La variación de esta energía se expresa como:

$$\Delta E = E_p - E_r$$

- **Reacciones exotérmicas.** Transcurren con desprendimiento de energía. Si $E_{\text{productos}} < E_{\text{reactivos}}$, entonces $\Delta E < 0$, lo que significa que se desprende energía en forma de luz, energía eléctrica, etc., además de energía térmica.
 - **Reacciones endotérmicas.** Transcurren con absorción de energía. Si $E_{\text{productos}} > E_{\text{reactivos}}$, entonces $\Delta E > 0$, es decir, se absorbe energía y esta queda almacenada en los productos. La energía absorbida puede suministrarse mediante calor, como energía eléctrica, mediante luz, etc.
- Las **ecuaciones termoquímicas** son representaciones simbólicas de reacciones químicas en las que se incluye el término energético. El término energético se añade en el segundo miembro de la ecuación con un signo y la energía expresada en julios. El signo es positivo (+) si la reacción desprende energía, y negativo (-) si la reacción absorbe energía.

39. Señala cuáles de las siguientes reacciones químicas son exotérmicas y cuáles endotérmicas.

- a) Formación de ozono en las altas capas de la atmósfera.
- b) La combustión.
- c) La reacción entre el hidróxido de sodio y el ácido acético.
- d) Respiración celular.
- e) Electrólisis.

Para informarte puedes consultar en internet:

<http://www.e-sm.net/fq3eso49> y <http://www.e-sm.net/fq3eso50>.

40. La ecuación siguiente representa la combustión del butano. ¿Es exotérmica o endotérmica? ¿Por qué?



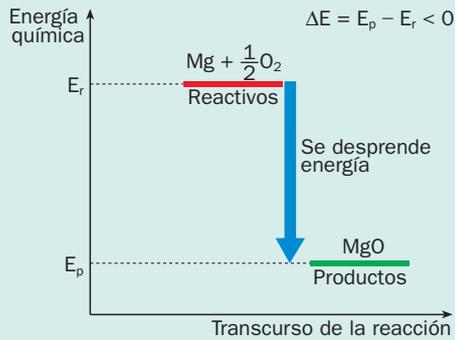
41. En una reacción, el azufre arde con el oxígeno atmosférico desprendiendo 297 kJ por cada mol de azufre consumido. Teniendo en cuenta que en la reacción se produce dióxido de azufre gaseoso, escribe la ecuación termoquímica correspondiente.

42. La reacción de descomposición del óxido de magnesio sólido necesita 300,5 kJ por cada mol que se descompone. Sabiendo que en esta reacción se forman magnesio sólido y oxígeno, escribe la ecuación termoquímica correspondiente.

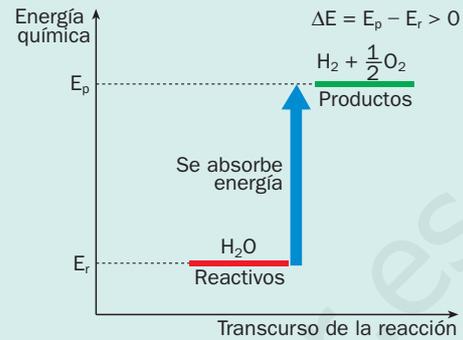
Los diagramas energéticos

Otra forma de representar si una reacción absorbe o desprende energía es mediante **esquemas energéticos**.

REACCIONES EXOTÉRMICAS



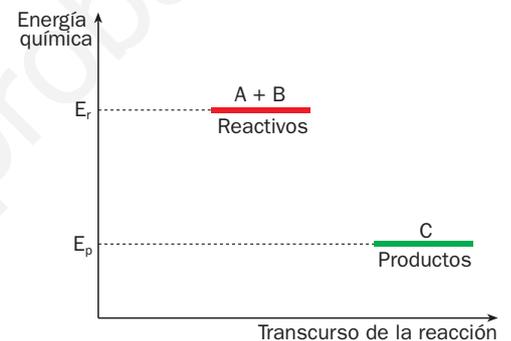
REACCIONES ENDOTÉRMICAS



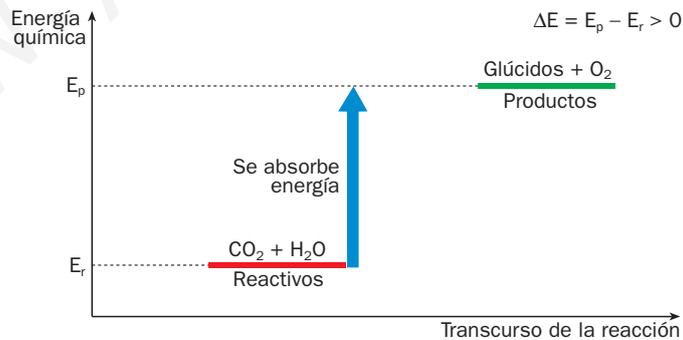
43. Observa el esquema energético de la derecha.

a) ¿Se desprende o se absorbe energía?

b) ¿Cómo podemos saberlo?



44. Este es el esquema energético de la fotosíntesis.



a) ¿Se trata de una reacción exotérmica o endotérmica? ¿Por qué?

b) Escribe la ecuación termoquímica correspondiente.

PON A PRUEBA TUS COMPETENCIAS

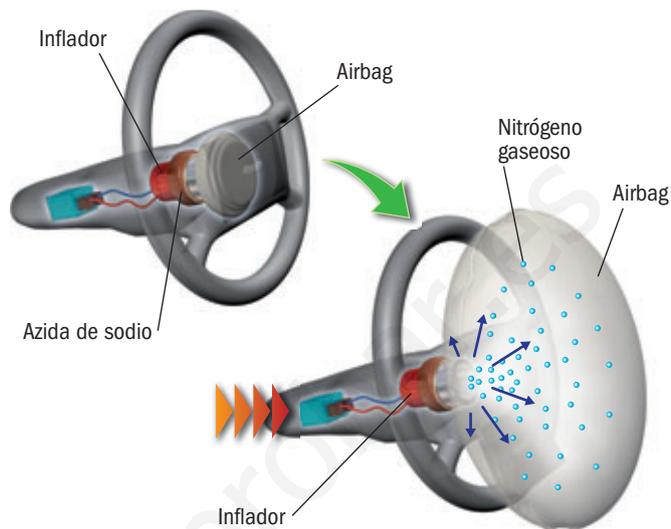
INTERACCIONA CON EL ENTORNO

El airbag

La bolsa de aire (airbag) es un sistema de seguridad pasiva instalado en la mayoría de los automóviles modernos. El sistema se compone de:

- Detectores de impacto distribuidos por todo el vehículo, que activan el encendido de un casquillo detonador.
- Dispositivos de inflado que, gracias a una reacción química, producen en muy poco tiempo gran cantidad de gas, de un modo casi explosivo.
- Pequeñas cantidades de azida de sodio, NaN_3 (s), que se descomponen desprendiendo N_2 (g) y Na (s).
- Bolsas de nailon que se inflan con el nitrógeno resultante de la reacción.

En caso de colisión, las bolsas inflables amortiguan el impacto de los ocupantes del vehículo contra el salpicadero. Se estima que, en caso de choque frontal, su uso puede reducir el riesgo de muerte en un 30%.



1. Termina de ajustar la ecuación química correspondiente al proceso descrito.



2. Una vez ajustada, comprueba la ley de conservación de la masa. Para ello, consulta las masas atómicas en el sistema periódico.
3. Si en la bolsa hay 100 g de azida de sodio, ¿qué masa de nitrógeno se obtiene? Sabiendo que la densidad del nitrógeno a 0°C y 1 atm es de $1,25 \text{ kg/m}^3$, halla el volumen de nitrógeno que se produce.

4. Es cierto que los airbags han salvado muchas vidas, sin embargo, en algunos casos, han causado heridas graves y hasta mortales. ¿Qué significa la etiqueta de la figura, pegada en el asiento del pasajero? ¿A qué se debe esa instrucción?

¡PELIGRO!

No coloque asientos para niños en el asiento delantero con el AIRBAG conectado



El agua que contiene una concentración relativamente grande de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y otros cationes divalentes se conoce como agua dura. Aunque la presencia de estos iones no representa un peligro para la salud, puede hacer inadecuada el agua para ciertos usos domésticos e industriales. Por ejemplo, estos iones reaccionan con los jabones para formar una nata de jabón insoluble. Cuando se calienta agua que contiene iones calcio e iones bicarbonato, parte del dióxido de carbono escapa. Entonces la disolución se torna menos ácida y se forma carbonato de calcio (CaCO_3) insoluble, que se deposita.

El CaCO_3 sólido recubre las superficies, reduciendo la eficiencia del calentamiento. Estos depósitos, llamados incrustaciones (sarro), limitan la eficiencia de la transferencia de calor y reducen el flujo de agua por los tubos.

La eliminación de los iones que endurecen el agua se conoce como ablandamiento del agua.

No todos los abastos municipales de agua requieren ablandamiento del agua. En los que sí es necesario, por lo general, se toma el agua de fuentes subterráneas donde ha tenido contacto considerable con piedra caliza, CaCO_3 , y otros minerales que contienen iones calcio, magnesio y hierro. En el ablandamiento de aguas municipales a gran escala se utiliza

el proceso de cal-carbonato. El agua se trata con cal, CaO (o cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$), y carbonato de sodio, Na_2CO_3 . Estas sustancias precipitan el Ca^{2+} en forma de CaCO_3 y el Mg^{2+} como $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

El intercambio de iones es un método doméstico típico para ablandar el agua. En este procedimiento se hace pasar el agua a través de un lecho de resina intercambiadora de iones: perlas de plástico con grupos aniónicos X^- . Estos grupos con carga negativa tienen iones Na^+ unidos a ellos. Los iones de Ca^{2+} y otros cationes del agua dura son atraídos por los grupos aniónicos y desplazan los iones de sodio, de menor carga, hacia el agua.

El agua así ablandada contiene una concentración mayor de iones de sodio. Aunque dichos iones no forman precipitados ni ocasionan otros problemas como los que originan los cationes del agua dura, las personas preocupadas por su ingesta de sodio, como las que padecen hipertensión, deben evitar beber agua ablandada de esta forma. Cuando todos los iones Na^+ disponibles han sido desplazados de la resina intercambiadora de iones, se regenera la resina lavándola con una disolución concentrada de NaCl .

Química: la ciencia central. L. BROWN Y OTROS

5. Explica qué caracteriza a las llamadas *aguas duras*.
6. ¿Por qué la presencia de iones divalentes Ca^{2+} y Mg^{2+} disminuye la espuma que hace el jabón?
7. ¿Qué consecuencias tienen sobre las superficies las incrustaciones de CaCO_3 ?
8. Explica el proceso de ablandamiento del agua y justifica su necesidad para mantener el funcionamiento de algunos aparatos domésticos.