

QUÍMICA

octavo grado

QUÍMICA

octavo grado

Dr. C. Francisco Abel Pérez Álvarez

M. Sc. Ysidro Julián Hedesa Pérez

M. Sc. Martha Huerta Ocaña

M. Sc. Ana María Alfonso Fernández



Este material forma parte del conjunto de trabajos dirigidos al Tercer Perfeccionamiento Continuo del Sistema Nacional de la Educación General. En su elaboración participaron maestros, metodólogos y especialistas a partir de concepciones teóricas y metodológicas precedentes, adecuadas y enriquecidas en correspondencia con el fin y los objetivos propios de cada nivel educativo, de las exigencias de la sociedad cubana actual y sus perspectivas.

Ha sido revisado por la subcomisión responsable de la asignatura perteneciente a la Comisión Nacional Permanente para la revisión de planes, programas y textos de estudio del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright* y bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, así como su incorporación a un sistema informático.

Material de distribución gratuita. Prohibida su venta

Edición y corrección:

- ▶ Dr. C. Andrés Rodríguez Jiménez

Diseño de cubierta:

- ▶ Bertha Andrianis Pérez Tamayo

Diseño:

- ▶ Instituto Superior de Diseño:
Anelís Simón Sosa ▶ María Paula Lista Jorge ▶ Camila Noa Clavero ▶ Amanda Prieto Perera ▶ Amanda Baró Céspedes ▶ Patricia Suárez Echevarría ▶ Ahmed R. Verdecia Zayas ▶ Isaac Garrido García ▶ Erasmo Peraza Aldama ▶ Bertha Andrianis Pérez Tamayo ▶ Geily Aimeé Oquendo Hernández • Martha Patricia Lizano Arruebo ▶ Cristina Castañedo Canto ▶ Liset A. Christy Rodríguez ▶ Annalié Pedraza Rodríguez ▶ Amanda de Rocío Guzmán Valdés ▶ M. Sc. Maité Fundora Iglesias ▶ Dr. C. Ernesto Fernández Sánchez

Ilustración y emplane:

- ▶ Cristina Castañedo Canto
- ▶ Amanda de Rocío Guzmán Valdés

© Ministerio de Educación, Cuba, 2024

© Editorial Pueblo y Educación, 2024

ISBN 978-959-13-4594-3 (Versión impresa)

ISBN 978-959-13-4598-1 (Versión digital)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN

Ave. 3.ª A No. 4601 entre 46 y 60,

Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.

epueblo@epe.gemined.cu

ÍNDICE

Prólogo	IX
----------------------	-----------

1 Las sustancias, las mezclas de sustancias y las reacciones químicas	1
1.1 La Química y la práctica social	2
1.1.1 La química como ciencia. Objeto de estudio. Beneficios y perjuicios para la humanidad	2
1.1.2 Beneficios y perjuicios de la química	6
1.1.3 Las sustancias puras	12
1.1.4 Las sustancias puras y sus propiedades. Relación entre las propiedades y las aplicaciones de las sustancias.	16
1.2 Las mezclas de sustancias	22
1.2.1 Las mezclas de sustancias. Las disoluciones, sus aplicaciones. El agua: disolvente por excelencia	23
1.2.2 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias según sus propiedades	30
1.2.3 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por decantación	31
1.2.4 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por filtración	37
1.2.5 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por vaporización	43
1.2.6 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por destilación	47
1.3 Las reacciones químicas	54
1.3.1 La reacción química. Sus manifestaciones externas. Reacciones exotérmicas y reacciones endotérmicas	54
1.3.2 Representación de las reacciones químicas mediante esquemas con palabras	62
1.3.3 Comparación entre sustancia pura y mezcla de sustancias	64
1.3.4 Comparación entre mezcla de sustancias y reacción química ...	66

2

El dioxígeno, sustancia indispensable para la vida 75

2.1 El dioxígeno y el oxígeno	76
2.1.1 El dioxígeno. Sus propiedades físicas	76
2.1.2 El átomo de oxígeno. Estructura del átomo. Niveles de energía	78
2.1.3 El oxígeno como elemento químico. Elementos químicos	81
2.1.4 Símbolo químico del oxígeno. Los símbolos químicos. Tabla periódica moderna de los elementos químicos	85
2.1.5 Masa atómica relativa del oxígeno. Masas atómicas relativas de los elementos químicos	92
2.2 El dioxígeno. Sustancias moleculares y sustancias simples	93
2.2.1 El dioxígeno como sustancia molecular. Sustancias moleculares. Fórmula química	94
2.2.2 Masa fórmula relativa del dioxígeno. Masas fórmulas relativas	99
2.2.3 El enlace químico en la molécula de dioxígeno. El enlace covalente	100
2.2.4 El dioxígeno y el trioxígeno como sustancias simples. Sustancias simples y sustancias compuestas. Modificaciones alotrópicas. Alotropía	105
2.2.5 El dioxígeno como no metal. Metales y no metales.	109
2.2.6 Nomenclatura química y notación química de las sustancias simples	115
2.3 Obtención, propiedades químicas y aplicaciones del dioxígeno	117
2.3.1 Obtención del dioxígeno en el laboratorio	117
2.3.2 Propiedades químicas del dioxígeno	120
2.3.3 El dioxígeno y la Ley de conservación de la masa	126
2.3.4 Aplicaciones del dioxígeno. Importancia del trioxígeno (ozono). Su relación con la salud y el medio ambiente	130

3

Los óxidos y el medio ambiente 143

3.1 Los óxidos	143
3.1.1 Los óxidos. Propiedades físicas	144
3.1.2 Clasificación de los óxidos según su composición química	146

3.2 Los óxidos no metálicos	148
3.2.1 Estructura química de los óxidos no metálicos	148
3.2.2 Nomenclatura y notación química de los óxidos no metálicos	158
3.3 Los óxidos metálicos	161
3.3.1 Estructura química de los óxidos metálicos	161
3.3.2 Nomenclatura y notación química de los óxidos metálicos. Número de oxidación	166
3.4 Obtención de óxidos. Efectos de los óxidos en el medio ambiente y la salud ambiental	173
3.4.1 Representación de las reacciones químicas de los óxidos. La ecuación química	173
3.4.2 Obtención de los óxidos. Reacciones químicas de oxidación-reducción	178
3.4.3 Los óxidos como agentes reductores y agentes oxidantes. Aplicaciones	184
3.4.4 Los óxidos, el medio ambiente y la salud ambiental	191
Apéndices	203
Glosario	235
Bibliografía	239

Prólogo

Este libro de texto está dirigido a los docentes de Química y, fundamentalmente, a ti que cursas el octavo grado.

A muchos educandos la asignatura Química les resulta difícil. Esta afirmación no deja de ser cierta en numerosos casos, por cuanto su lenguaje y su simbología son muy especializados. Ambos deben ser aprendidos poco a poco. Al respecto, un reconocido autor de libros de Química para la educación superior ha expresado, con mucha razón, lo siguiente: “Al principio estudiar química es como aprender un nuevo idioma”.

Para lograr éxitos en el aprendizaje de la Química hay que estar muy motivado por su aprendizaje, al reconocer su importancia y la belleza de su contenido, adquirido en una interacción constante con el medio que te rodea y reconocer su importancia para el desarrollo económico y social de los países, así como del cuidado del medio ambiente y la salud del planeta.

Con el fin de lograr motivarte por su estudio es imprescindible asistir a clases, convertirte en un constante cuestionador y admirador de las sustancias y los cambios que en ellas se producen, así como prestar especial atención a la búsqueda bibliográfica, a las explicaciones del profesor y estudiar sistemáticamente su objeto de estudio.

Te recomendamos que después de cada clase leas en el libro de texto el contenido impartido, hagas las tareas encomendadas e incluso respondas otros ejercicios que aparecen al final de cada epígrafe para que puedas fijar mejor los conocimientos y las habilidades. La comprensión de lo que lees es primordial para avanzar en la apropiación de los nuevos contenidos. Es conveniente que te acostumbres a hacer un resumen de lo que has leído, por ejemplo, en forma de cuadro sinóptico, *mapa conceptual* y esquema de conocimientos, entre otros.

El establecimiento de relaciones entre los contenidos de la asignatura y de otras ciencias es fundamental para su apropiación.

La realización de experimentos químicos, ya sea por parte tuya, como de los docentes o de ambos al mismo tiempo en las clases, siempre motivan y dejan una huella en la memoria de los participantes. De igual forma, la observación y análisis de vídeos sobre el contenido químico objeto de

estudio, que seguramente te orientará tu profesor o profesora, sin lugar a dudas apoyarán lo que vas aprendiendo.

Si actúas así, más temprano que tarde te darás cuenta de que la Química es una asignatura muy bonita, con grandes misterios, apasionante e imprescindible en el avance económico y social de cualquier nación. Entonces disfrutarás estudiarla.

Dominar bien los contenidos de octavo grado es un excelente precedente para alcanzar buenos resultados en noveno grado.

Debes saber que este libro de texto forma parte de los trabajos que lleva a cabo el Ministerio de Educación para la puesta en práctica del III Perfeccionamiento del Sistema Nacional de Educación con vista a mejorar tu aprendizaje. Sus autores dedicaron muchas horas a estudiar, buscar información, videos impresionantes y otros materiales interesantes, que dicen más que muchas palabras; también a escribir lo esencial con un lenguaje lo más claro y preciso posible, de manera que te sea ameno y comprensible al leerlo. Deseamos que este libro haga una contribución importante en tu formación.

El texto tiene tres capítulos y al final se encuentran tres apéndices, los experimentos químicos escolares, las prácticas de laboratorio y un glosario de numerosos conceptos o términos que son mencionados y que pueden favorecer la ampliación y comprensión de lo expresado. Los conceptos que forman parte de este glosario están señalados con letra cursiva en el texto, por ejemplo: *mapa conceptual*.

Cada capítulo está subdividido en epígrafes. En el desarrollo de estos hallarás los contenidos que deben ser tratados en clases, figuras, tablas, ejercicios y varias etiquetas que sirven de orientación para ti y los docentes. A continuación, se mencionan cuáles son y su significado:

Importante: contiene las definiciones de los conceptos y otros elementos del conocimiento que los educandos deben dominar.

De la historia: tal y como lo dice, se describen hechos históricos relacionados con el contenido de química que se trate en clases.

¿Sabías que...?: contenidos informativos relacionados con los del epígrafe que pueden ser útiles para la motivación y cultura general.

Conoce un poco más: ampliación que el educando puede asimilar a partir de los elementos del conocimiento impartidos en la asignatura.

Desafío: actividades con mayor nivel de complejidad que pudieran ser dirigidas a los educandos interesados en la química o con mayor desarrollo intelectual. Pueden ser empleados en la preparación de concursos de la asignatura.

Conéctate: orientación a los educandos para la búsqueda de información mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

Salud ambiental: información acerca de la aplicación de los conocimientos concernientes a la salud y el medio ambiente.

Reflexiona: coloca al educando ante situaciones del contenido objeto de estudio sobre las que debe meditar.

Comprueba lo aprendido: aparece al final de cada epígrafe. Se relacionan las preguntas que servirán para la ejercitación y sistematización, fundamentalmente dirigidas a la fijación, reproducción y aplicación de los conocimientos y habilidades, en ese orden, y la menor cantidad posible para desarrollar la creatividad, pues hay una etiqueta, denominada Desafío, que también se refiere a esto último.

Sistematizando: para ayudar a los educandos a ordenar, relacionar e integrar los conocimientos tratados en uno o más epígrafes.

Al final de cada capítulo se relacionan otros ejercicios, pero con un carácter más integrador.

Es importante que sepas que los ejercicios pretenden, sobre todo, ayudarte a afianzar los conocimientos adquiridos y desarrollar habilidades intelectuales generales y las específicas de la Química. Contribuirán, asimismo, a perfeccionar tu lenguaje químico y el dominio de la lengua materna.

No podemos concluir sin antes agradecer a los docentes de todo el país que nos hicieron llegar sus sugerencias para perfeccionar la primera versión de este libro de texto, así como a aquellos especialistas que dedicaron muchas horas extralaborales en un proceso de revisión detallada y la elaboración de dictámenes presentados en la subcomisión nacional de Química, donde definitivamente se aprobó su publicación con nuevas opiniones que fueron aceptadas e incluidas. Ellos son: Dr. C. Niurka Ramos Herrera, Dr. C. Andrés Rodríguez Jiménez, Dr. C. Mónica Valdés Naranjo, M. Sc. María de los Ángeles Valera Núñez, M. Sc. Silvia Núñez Junco, M. Sc. Olga María Torras Díaz y M. Sc. Elena Herryman Munilla.

Gracias a todos ellos, ponemos en tus manos una obra escrita con mayor rigor científico que seguro hará un aporte a la elevación de la calidad de la enseñanza por parte de los docentes y de tu aprendizaje. ¡Te invitamos a leerlo!

Los autores

CAPÍTULO 1

Las sustancias, las mezclas de sustancias y las reacciones químicas

Con este capítulo se inicia el estudio de la Química en octavo grado. Sin embargo, ya conoces contenidos relacionados con esta ciencia que estudiaste en las asignaturas El mundo en que vivimos, Ciencias Naturales y Geografía, dados en la Educación Primaria, así como en Educación Laboral y Geografía, en Secundaria Básica. Por tanto, de estas disciplinas y de los conocimientos adquiridos en tu propia vida ya sabes que el agua, el dióxigeno (también conocido como oxígeno), el dióxido de carbono, el ozono, el cloruro de sodio o sal de cocina y muchas más son sustancias, mientras que el aire, el mar, los perfumes, la tierra, el agua potable entre otras, son mezclas de sustancias.

¿Cómo están constituidas las sustancias? ¿Por qué tienen diferentes propiedades? ¿Por qué pueden transformarse en otras? ¿En qué se emplean y por qué? ¿Cómo se clasifican y se representan las sustancias y las reacciones químicas? ¿Qué relación tienen con el medio ambiente y la salud?

La química es una de las ciencias naturales que da respuesta a estas y a otras interrogantes. Para esto, son necesarios conocimientos empíricos y teóricos acerca de las sustancias y las reacciones químicas, al igual que su comprobación en la práctica.



Importante

La química es una ciencia teórico-experimental en la cual el experimento ha desempeñado una función esencial.



Fig. 1.1 Un laboratorio alquimista y dos alquimistas famosos precursores de la Química: María la Judía y Paracelso VIII

La química se convirtió en una ciencia independiente a finales de la primera mitad del siglo XVIII. Con anterioridad formaba parte de la filosofía, considerada la ciencia del saber. Sin embargo, desde la prehistoria los seres humanos comenzaron a acumular conocimientos empíricos (basados en la experiencia), relacionados con las sustancias y sus transformaciones en otras sustancias, fundamentalmente mediante la observación del entorno donde vivió y durante la confección de sus instrumentos de labranza.

En esa época el hombre primitivo primero utilizó el fuego producido por fenómenos naturales (como las descargas eléctricas durante las tormentas) y después descubrió cómo obtenerlo, para lo que empleó, sobre todo, troncos y ramas secas de los árboles. Durante la combustión de la madera (que es un combustible), con la acción del dióxígeno esta se transforma en otras sustancias: pedazos de carbón, cenizas y gases.

Este hallazgo trajo consigo que el hombre primitivo aprendiera a extraer metales de los minerales con la intervención del fuego. Así, en el transcurso del tiempo logró la extracción de plata, cobre, hierro, plomo, estaño, mercurio, entre otras. Es de destacar que muchos metales aparecen también en la naturaleza en estado nativo (fig. 1.2).

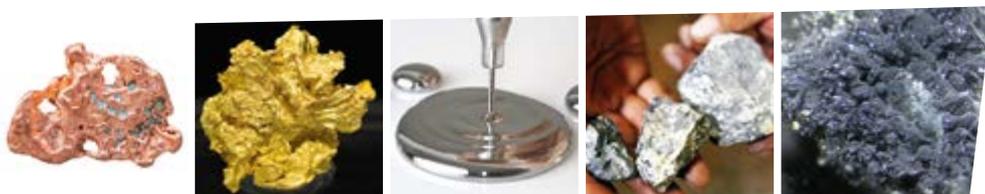


Fig. 1.2 Algunos metales en estado nativo

Con el descubrimiento de estas sustancias, el ser humano comenzó a sustituir los instrumentos de trabajo hechos de piedra por otros de metal y de mezclas de estos. Las civilizaciones antiguas utilizaron el oro y la plata en la elaboración de objetos de adorno; el cobre y el hierro para hacer aperos de labranza y armas. En la figura 1.3 se pueden observar varios de estos objetos.



Fig. 1.3 Objetos de metal y de mezclas de estos

Desde entonces y hasta la actualidad, el ser humano ha usado los metales en la fabricación de distintos utensilios, instrumentos y variados objetos, entre ellos objetos de adorno, aunque en muchas ocasiones prefiere emplear otras sustancias debido a que los metales no siempre conservan sus propiedades cuando se encuentran en determinadas condiciones. Tales son los casos de las aleaciones.

Si un objeto de hierro, por ejemplo, un clavo, se deja un tiempo prolongado a la intemperie, su superficie se cubre de una capa áspera de color carmelita denominada herrumbre. El hierro, por la acción del dióxido de carbono y del vapor de agua, presentes en el aire, se transformó en otra sustancia. Es decir, el hierro se oxidó durante un proceso de corrosión. Este tipo de fenómeno tiene un aspecto externo, captado por los órganos de los sentidos, y uno interno, que explica la causa de su ocurrencia mediante modelos creados por el ser humano.



Importante

La transformación de una o más sustancias en otra u otras se denomina reacción química. Una reacción química es un fenómeno químico.

Otra reacción química es la que ocurre en las plantas y otros organismos que contienen clorofila, en la que el dióxido de carbono y el agua se transforman, por la acción de la energía solar, en dióxígeno y glucosa, principalmente.

Los ejemplos descritos, entre otros, se representan en la figura 1.4. En ellos puede observarse el aspecto externo de los objetos y fenómenos presentados.

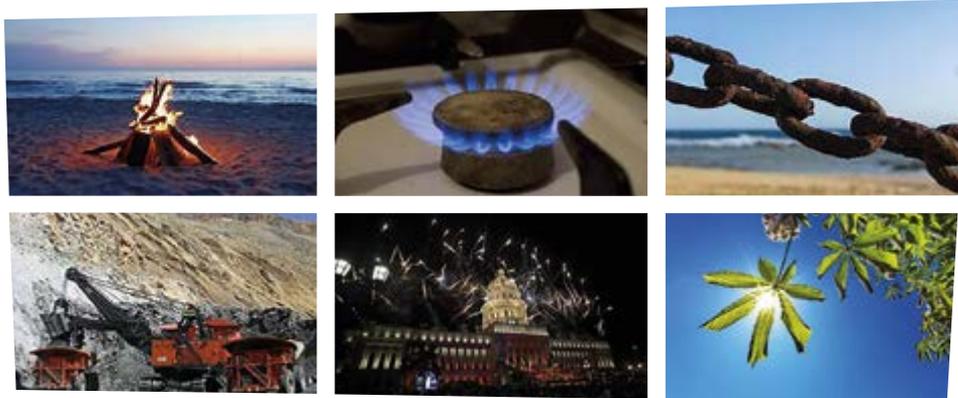


Fig. 1.4 Reacciones químicas

Para esto se utilizan los laboratorios, donde se encuentran sustancias, utensilios, equipos y aparatos de laboratorio, y se realizan experimentos químicos.

¿Sabías que...?

Los alquimistas diseñaron algunos de los primeros equipos y aparatos de laboratorio (fig. 1.5) y crearon los primeros procedimientos de laboratorio, en los que se llevaban a cabo varios procesos, por ejemplo, de combustión, fundición, mezcla y refinado, además de extraer metales de los minerales y producir ácido nítrico para separar el oro de la plata, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.

Sus experimentos fueron importantes precursores de la ciencia moderna, especialmente de la química.



Fig. 1.5 Útiles y aparatos de un laboratorio alquimista

1.1.2 Beneficios y perjuicios de la química

Son visibles los beneficios y daños que esta ciencia ha provocado a la humanidad. La química contribuye decisivamente al desarrollo económico, tecnológico y científico-técnico, así como al bienestar social del ser humano. Todo lo que le rodea está íntimamente relacionado con ella. Sin esta ciencia no se puede concebir el mundo actual; no hubiera sido posible alcanzar el desarrollo industrial, como el de la industria metalúrgica. No se puede imaginar la vida moderna sin metales. Estos se usan para elaborar aleaciones que se emplean, por ejemplo, en la acuñación de monedas, la fabricación de herramientas, piezas, equipos, maquinarias, medios de transporte, utensilios para el hogar y objetos ornamentales.

Los conocimientos químicos son indispensables para obtener grandes cosechas y lograr que la tierra cultivable recupere su fertilidad. Los fertilizantes o abonos, que aportan nutrientes escasos en los suelos, y los plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas, entre otros) que exterminan las plagas, son imprescindibles para el desarrollo de la agricultura (fig. 1.6).



Fig. 1.6 Riego de plaguicidas y abonos en áreas cultivadas

En el desarrollo de la industria de materiales de la construcción en Cuba ha influido la química. Por ejemplo, en la producción de cemento, yeso, cal viva, polvo de piedra y materiales impermeabilizantes, entre otros más.

Gracias a la química se ha logrado obtener cientos de miles de sustancias que no se encuentran en estado natural y que tienen propiedades muy importantes para la salud del ser humano y de los animales o porque resuelven problemas funcionales e introducen nuevos criterios de gusto y estética, tales como: medicamentos, plásticos, cauchos, fibras sintéticas y fármacos, extraídos de productos naturales o sintéticos, que contribuyen a mejorar la calidad de vida y prolongarla.

En fin, la química tiene numerosas aplicaciones y su desarrollo vertiginoso se debe, precisamente, a la necesidad de satisfacer las crecientes demandas de la sociedad: alimentos, calzados, vestuarios, viviendas, combustibles, jabones, perfumes, pastas dentales, champú, papel, vidrios, cerámicas, refrescos, bebidas alcohólicas, colorantes con los que se tiñen las telas, tintes para el pelo, refrigerantes (hacen posible que se conserven grandes cantidades de productos alimenticios) y muchos otros bienes materiales. En esto consiste la tarea esencial de esta ciencia: la obtención de nuevas sustancias con nuevas propiedades, la cual es ardua, no tiene fronteras y es fruto de constantes investigaciones.



Reflexiona

¿Qué ocurriría si todos los químicos dejaran de trabajar?

Pero la química no solo genera numerosas y diversas satisfacciones. Los perjuicios también son muy amplios. El propio desarrollo de la industria química ha traído como consecuencia la acumulación de productos de desecho que deterioran el medio ambiente. Algunas sustancias contaminan el medio ambiente, como las constituidas por hierro, cobre, mercurio, plomo, zinc y azufre. Igualmente, el uso indiscriminado de plásticos, detergentes, plaguicidas, gases tóxicos, edulcorantes, colorantes, saborizantes sintéticos y combustibles fósiles en nuestra moderna forma de vida, ha llevado a contaminar el suelo, la atmósfera, el agua continental y las masas de agua salada, que afectan la supervivencia en general. Sin embargo, muchas sustancias son utilizadas para protegerlos.

De ahí que la química contribuye tanto a la protección, como a la contaminación del medio ambiente, mediante su influencia en cuatro áreas del planeta muy bien definidas (fig. 1.7).

! Importante

La Química medioambiental es el área de la química que atiende la aplicación de esta ciencia al estudio de los problemas y la conservación del medio ambiente, así como el resultado de las actividades del ser humano en el planeta y los problemas que esto ocasiona, entre los cuales están la relación de la salud humana y el estado del medio ambiente (salud ambiental).

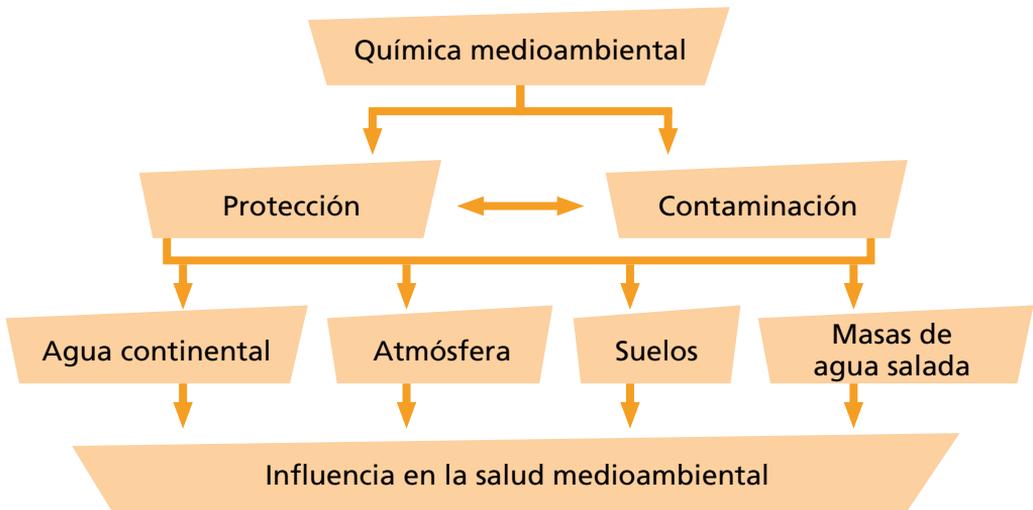


Fig. 1.7 Áreas de atención de la química medioambiental y su influencia en la salud ambiental

La contaminación de estos cuatro componentes de la naturaleza y, por tanto, de los seres vivos, se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves de la sociedad actual y es una consecuencia negativa del empleo inadecuado de la química, al igual que de otras ciencias, al no tomarse las medidas necesarias para la eliminación de sustancias nocivas durante el uso de diferentes tecnologías, así como por la actitud irresponsable de determinados gobiernos y de seres humanos en la mayoría de los casos.

Algunos ejemplos de contaminación ambiental que serán estudiados durante el curso se presentan en la figura 1.8.

La contaminación atmosférica ha dado lugar al aumento de enfermedades respiratorias y oculares. Ejemplos de varias causas y consecuencias de este fenómeno se muestran en la figura 1.9.



Fig. 1.8 Algunos ejemplos de contaminación química en las partes sólidas, líquidas y gaseosas del planeta Tierra



Fig. 1.9 Algunas causas y consecuencias de la contaminación atmosférica

En la figura 1.10 se pueden apreciar efectos de la química en la contaminación de las aguas continentales por verter desechos químicos industriales, plásticos y basura a ríos y lagunas.



Fig. 1.10 Algunas consecuencias de la contaminación del agua continental

Igualmente ocurre la contaminación de los suelos. Algunas de sus consecuencias se muestran en la figura 1.11: (a) Vertedero de desechos sólidos; (b) Salinización; (c) Bosque dañado por lluvias ácidas.

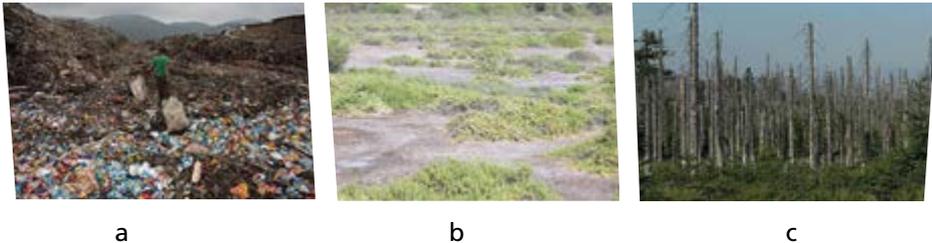


Fig. 1.11 Algunas consecuencias de la contaminación del suelo

Lamentablemente la química ha sido empleada con fines belicistas. El *napalm*, los gases lacrimógenos, el fósforo blanco y el dicloro (sustancia comúnmente llamada gas cloro), por solo citar algunos ejemplos, han provocado la pérdida de cuantiosas vidas humanas y afectaciones considerables a la flora y la fauna en los territorios donde han sido usados. Así, por ejemplo, las fuerzas armadas del gobierno de los Estados Unidos utilizaron armas químicas en la guerra contra el hermano pueblo vietnamita en el siglo pasado (fig. 1.12).



Fig. 1.12 El Napalm como arma química y sus efectos en los seres humanos



Reflexiona

Analiza la expresión siguiente: “médicos y no bombas”. Auxíliate del video cuyo link es: https://www.youtube.com/watch?v=x3tgB2e4DR0&ab_channel=PESCA90

A pesar de estos perjuicios, el conocimiento de la química ayuda a mejorar o evitar un mayor deterioro del medio ambiente. Por ejemplo, los especialistas químicos buscan distintas formas de reducir drásticamente los volúmenes de dióxido de carbono y las emisiones tóxicas de las fábricas que escapan a la atmósfera, hacen estudios acerca de los problemas que ocasiona el cambio climático, tales como el aumento de lluvias, de inundaciones, del nivel del mar y de la temperatura en unas regiones, el incremento de la sequía y la disminución de la temperatura en otras, y cómo eliminarlos.

No hay dudas del gran servicio que ha prestado la química al progreso de la humanidad. Sin embargo, no todo ha sido descubierto y a esto se dedican generaciones actuales de investigadores y también lo harán generaciones futuras.

Comprueba lo aprendido

- 1.1 ¿Qué es una reacción química? Cita tres ejemplos de los que se mencionan en el epígrafe 1.1 de este libro de texto y otros tres que conozcas de tus experiencias.
- 1.2 ¿Se puede decir que el objeto de estudio de la química son las sustancias y las reacciones químicas? Argumenta tu respuesta.
- 1.3 ¿En cuál o cuáles de los casos siguientes no ocurre una reacción química y por qué?
 - a) El agua se solidifica.
 - b) Se quema un papel.
 - c) Un vidrio se rompe.
- 1.4 Con respecto a los beneficios y perjuicios de la ciencia química:
 - a) Menciona varios ejemplos del bien que ha provocado al ser humano, en particular, y al desarrollo de la humanidad, en general.
 - b) Cita dos ejemplos de contaminación de las aguas, de la atmósfera y del suelo.
 - c) ¿Qué sucedería si no existieran seres humanos que se dediquen a investigar en las distintas ramas de la ciencia química?



Conoce un poco más

Haz un resumen, con ejemplos, acerca de la influencia de la química en la contaminación y protección del medio ambiente y la salud ambiental, así como sus aportes al desarrollo de la humanidad. Para esto consulta libros, *softwares* educativos, videos, CubaEduca, Ecured, entre otros.

1.1.3 Las sustancias puras

Los seres vivos se encuentran constantemente rodeados de objetos y organismos vivos y en relación con estos. Por ejemplo: el lápiz, la computadora, el televisor, el Sol, la Luna, las células, una planta, un frijol, un tomate, una papa, el pan, el perro o el gato. Todos ellos constituyen cuerpos que tienen forma, tamaño, masa, longitud, ancho, alto, volumen, entre otras propiedades.



Importante

Todos los cuerpos están constituidos por una o más sustancias.

Son ejemplos de cuerpos: un clavo, un conductor eléctrico, un hueso y un papel. Todos están formados por sustancias: el clavo, por hierro y carbono (acero); el conductor eléctrico, por cobre; el hueso, por fosfato de calcio y el papel, por celulosa, fundamentalmente.

En general, cuando en química se hace referencia a las sustancias, se supone que estas son sustancias puras (fig. 1.13).



Octazufre



Yoduro



Carbono



Dibromo

Fig. 1.13 Algunas sustancias puras

Los metales y muchos gases, como el dióxígeno, el dióxido de carbono, el ozono y el monóxido de nitrógeno también son sustancias puras.



Importante

Sustancia pura es aquella que no está mezclada con otra u otras y posee propiedades constantes a una temperatura y presión determinadas o a una de estas dos magnitudes físicas.

Cuando en química se habla del nombre de una sustancia se sobreentiende que es una sustancia pura.

En realidad, las sustancias no existen ciento por ciento puras en la naturaleza y su obtención es una tarea muy compleja, difícil y costosa. El problema no solo radica en eliminar las impurezas que ellas tienen, sino también en evitar, durante ese proceso, la adición de nuevas sustancias “extrañas”. Y si esto se lograra, no sería fácil conservarlas en ese estado de pureza, pues numerosas sustancias absorben vapor de agua y otros gases del aire o reaccionan con estas. No obstante, existen escalas de pureza y métodos para obtener sustancias extrapuras o de pureza casi absoluta, como los semiconductores de silicio y de germanio, muy empleados en la técnica moderna.



Importante

Las sustancias pueden encontrarse puras y mezcladas con otras sustancias.

En la actualidad se conocen millones de sustancias, muchas de las cuales existen en estado natural. Unas son de origen vegetal: la sacarosa, la celulosa; algunas de origen animal: la manteca de cerdo, la albúmina; y otras de origen mineral: el agua, los metales. Entre los millones de sustancias que han sido obtenidas por el ser humano están el poliéster, el polietileno, el rayón, el celuloide, el cemento, *plaguicidas*, fertilizantes y muchos medicamentos, pero la mayoría no son sustancias puras, sino mezclas de sustancias.



Reflexiona

Valora la siguiente expresión: “La sustancia siempre es pura; la sustancia impura es una mezcla de sustancias”.

Entre 1820-1830 surge una clasificación de las sustancias en orgánicas e inorgánicas. Se hizo atendiendo a su origen: las orgánicas, de naturaleza vegetal y animal, y las inorgánicas, de procedencia mineral, con la consecuente división de la química en estas dos ramas. Por química orgánica se entendía entonces la química de las sustancias que solo existían en los organismos o sistemas vivos, ya que en aquella época las únicas sustancias orgánicas que se conocían eran de origen animal y vegetal, y se decía que solo se formaban en los sistemas vivientes por el efecto de una "fuerza misteriosa".



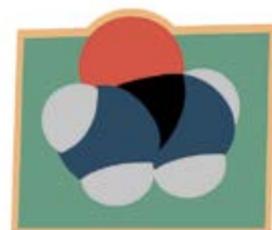
De la historia

El químico sueco J. Berzelius (1779-1848) definió erróneamente la química orgánica como la química de las sustancias vegetales y animales o de las sustancias creadas bajo la influencia de la fuerza vital (del latín *vita*, que quiere decir vida), por lo que, gracias a la acción de esta, la química orgánica solo debía dedicarse al estudio de las sustancias y las reacciones químicas que ocurrían en los organismos vivos. Esta era una teoría idealista, sustentada en el misticismo y la superstición, que durante algunos años obstaculizó el desarrollo de esta rama de la química y de la ciencia en su conjunto. El gran error de Berzelius consistió en querer demostrar la realidad solo desde el punto de vista teórico.

En 1828 ocurre un gran descubrimiento: Friedrich Wöhler (fig. 1.14), químico y pedagogo alemán, considerado el "padre de la química orgánica", obtuvo una sustancia orgánica (urea) por la descomposición, mediante el calor, de una sustancia inorgánica (cianato de amonio, que se encuentra en la orina de muchos animales).



Urea



Modelo compacto de molécula de urea

Fig. 1.14 Foto de Friedrich Wöhler (1800-1882)

La síntesis de la urea constituyó una hazaña científica que rompió la barrera entre sustancias orgánicas e inorgánicas y provocó el comienzo de una cadena de hechos experimentales que culminaron con el fracaso de la teoría vitalista y el triunfo de la práctica como el único camino que conduce a la verdad.



De la historia

A pesar de la derrota de la teoría vitalista, se consideró necesario mantener la división de la ciencia química en inorgánica y orgánica, con independencia de que están íntimamente relacionadas.

Esta clasificación no obedece a hechos casuales ni arbitrarios, sino que está fundamentada en varias razones. Entre otras, se puede citar la siguiente:



Importante

Todas las sustancias orgánicas están constituidas por carbono, a diferencia de las sustancias inorgánicas en las que un mismo tipo de átomo no está presente en la composición química de todas ellas. De ahí que desde hace numerosos años la química orgánica se denomina química del carbono.

Las sustancias inorgánicas y las sustancias orgánicas se consideran sustancias puras.



¿Sabías que...?

Muchas de las sustancias orgánicas no existen en la naturaleza, sino son sintetizadas, y tienen gran importancia para el ser humano y la sociedad. Ejemplos de ellas son: colorantes, tintes, abonos, *plaguicidas*, combustibles, explosivos, vitaminas, proteínas, grasas y medicamentos.

Hoy se conocen alrededor de cinco millones de sustancias orgánicas, superior en mucho más de 30 veces a las sustancias inorgánicas. Se calcula que diariamente se generan varios miles al día. Esa enorme cantidad y diversidad de sustancias orgánicas y el hecho de que todas están formadas por carbono, es lo que obliga a integrarlas para su estudio en una rama independiente de la ciencia química.

Comprueba lo aprendido

1.5 ¿Qué es una sustancia pura?

1.6 ¿Qué distingue a las sustancias orgánicas de las inorgánicas en cuanto a su composición química?



Conoce un poco más

Investiga cuáles son los componentes orgánicos e inorgánicos del: vinagre, jugo de limón, azúcar de caña y el ron Habana Club, así como sus beneficios y perjuicios.

1.1.4 Las sustancias puras y sus propiedades. Relación entre las propiedades y las aplicaciones de las sustancias

Aunque hay un gran número de sustancias y esa cantidad se incrementa diariamente, todas son diferentes. No obstante, entre ellas existen similitudes y diferencias.

El cloruro de sodio o sal de cocina y la *sacarosa*, conocida por azúcar refino, son sólidos de color blanco, solubles en agua y no tienen olor. Sin embargo, el cloruro de sodio posee un sabor salado, su *densidad* es $2,16 \text{ g/cm}^3$, su *temperatura de fusión* alcanza los $801 \text{ }^\circ\text{C}$ y hierve a $1\,413 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que la *sacarosa* es dulce al paladar, su *densidad* es $1,58 \text{ g/cm}^3$, funde a los $186 \text{ }^\circ\text{C}$ y no tiene *temperatura de ebullición*, porque se transforma en otras sustancias después de fundir.



Importante

Las propiedades de las sustancias permiten establecer semejanzas y diferencias entre ellas, describirlas y caracterizarlas, así como utilizarlas.

El estado de agregación, el color, el olor, el sabor, la solubilidad en agua (o en otras sustancias), la *densidad*, la *temperatura de fusión* (t. f.) y la *temperatura de ebullición* (t. e.), son algunas de las propiedades físicas de las sustancias.

En general, los estados de agregación en los que puede encontrarse una sustancia son: sólido, líquido y gaseoso.



Importante

El cambio de un estado de agregación a otro de una sustancia se llama cambio de estado. Se denominan: fusión, vaporización, condensación, solidificación y sublimación (fig. 1.15).

En la fusión, la sustancia cambia del estado de agregación sólido al líquido, en la vaporización, de líquido a gas, en la condensación, de gas a líquido, y en la sublimación, de sólido a gas y viceversa, o sea, sublimación progresiva y sublimación regresiva, en ese orden.



Fig. 1.15

Una o varias propiedades físicas no siempre son suficientes para caracterizar una sustancia y distinguirla de otra. Por ejemplo, el estado de agregación sólido, el color blanco, la ausencia de olor y la solubilidad en agua son propiedades físicas comunes a numerosas sustancias, como ocurre con el cloruro de sodio y la sacarosa.



Importante

De acuerdo con su solubilidad en agua las sustancias se clasifican en solubles, poco solubles y prácticamente insolubles (fig. 1.16).

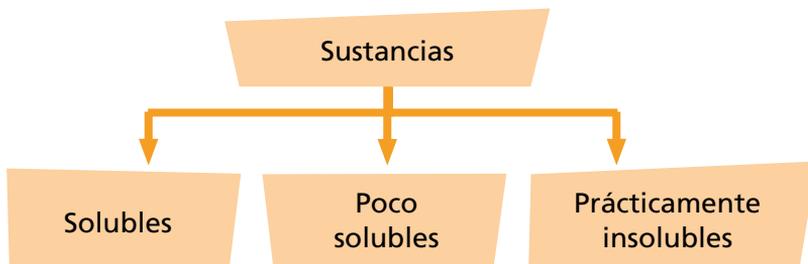


Fig. 1.16 Clasificación de las sustancias según su solubilidad en agua

También son solubles en agua, el cloruro de potasio, la **glucosa**, la **sacarina**, el nitrato de amonio (un fertilizante) y el **etanol**. Entre las sustancias poco solubles en agua se encuentran el hidróxido de calcio, denominado lechada de calcio, y el dióxigeno. Son prácticamente insolubles en agua, el hidróxido de aluminio (un antiácido) y el carbonato de calcio (piedra caliza).

¿Sabías que...?

De manera general, las propiedades físicas de las sustancias se determinan a una temperatura de 25 °C (grados Celsius) y una presión de 100 kPa (kiloPascal), o a una de ambas. Estas condiciones se conocen como temperatura y presión estándar ambiente: TPEA.

! Importante

A 100 kPa las sustancias son:

- ▶ Sólidas a su temperatura de fusión y por debajo de esta;
- ▶ Gaseosas a su temperatura de ebullición y por encima de esta;
- ▶ Líquidas entre los valores de sus temperaturas de fusión y de ebullición, si no se descomponen en otras sustancias cuando se funden o hierven.

En otras palabras, a 100 kPa, por lo general, cuando una sustancia en estado sólido se calienta hasta su fusión (que indica su *temperatura de fusión*), pasa a estado líquido, y si se calienta hasta que hierva (que es su *temperatura de ebullición*), entonces se vaporiza, pasa a estado gaseoso (fig.1.17).

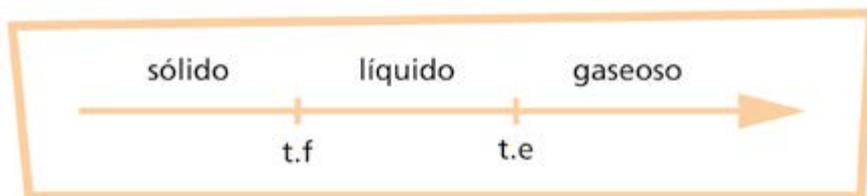


Fig. 1.17 Cambios de estado de agregación de una sustancia a una presión de 100 kPa

Muchas sustancias pueden existir en los tres estados de agregación, aunque no se encuentren así en la naturaleza. Por ejemplo, a 0 °C y por debajo de esta temperatura el agua es sólida (hielo), mientras que a 100 °C y por encima de esta se encuentra en estado gaseoso (vapor de agua). De ahí que entre esos dos valores de temperatura el agua sea líquida (fig. 1.18).

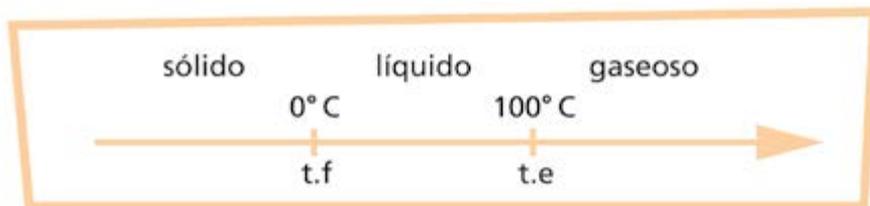


Fig. 1.18 Cambios de estado de agregación del agua a 100 kPa



Importante

La densidad, la temperatura de fusión y la temperatura de ebullición son propiedades físicas muy útiles para caracterizar a las sustancias puras, porque son constantes para cada una de estas y diferentes a las de las demás, en condiciones determinadas de temperatura y presión, o de una de ambas magnitudes.

En el Apéndice 1 se ofrecen los valores de estas tres propiedades de varias sustancias puras inorgánicas y orgánicas.

En la tabla 1.1 se ofrecen propiedades físicas de tres sustancias puras que permiten describir el aspecto externo de cada una.

Tabla 1.1 Propiedades físicas de tres sustancias puras a una presión de 100 kPa y una temperatura de 25 °C (excepto al medir las temperaturas de fusión y de ebullición)

Propiedades físicas	Nombre de las sustancias		
	Hierro	Etanol	Dihidrógeno
Estado de agregación	sólido	líquido	gaseoso
Color	gris	incolore	incolore
Olor	inodoro	característico	inodoro
Solubilidad en agua	prácticamente insoluble	soluble	poco soluble
Densidad	7,86 g/cm ³	0,783 g/mL	0,09 g/mL
Temperatura de fusión	1 535 °C	-117,5 °C	-259,15 °C
Temperatura de ebullición	2 750 °C	78,3 °C	-252,8 °C

El ser humano necesita conocer las propiedades de las sustancias para trabajar adecuadamente con ellas y evitar accidentes que dañen la salud de los seres vivos y provoquen pérdidas materiales. Para esto requiere determinar cuáles son sustancias tóxicas, inflamables, explosivas y corrosivas, todas ellas nocivas para la salud y el medio ambiente. Cada una de estas propiedades se indica con un símbolo en la etiqueta del recipiente que la contiene (fig. 1.19).

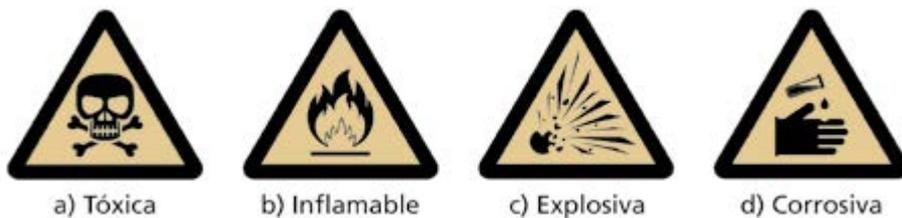


Fig. 1.19 Algunas etiquetas que identifican a las sustancias nocivas para la salud y el medio ambiente

Por tal razón, los experimentos químicos deben realizarse con sumo cuidado, en especial cuando se utilicen sustancias con estas propiedades, así como el mechero de alcohol (*etanol*) y el quemador de gas, para impedir que ocurran incendios, intoxicaciones u otros accidentes. De ahí que en los laboratorios de Química se deben cumplir algunas reglas de precaución y seguridad al trabajar con las sustancias, las cuales se relacionan en el Apéndice 2.

También es importante conocer las propiedades de las sustancias para su utilización, es decir, las sustancias se emplean con distintos fines, teniendo en cuenta sus propiedades. Por ejemplo, el cobre se aprovecha como conductor eléctrico porque es *dúctil* y excelente conductor de la corriente eléctrica; con el polietileno se fabrican recipientes de múltiples usos en el hogar por ser muy ligero e impedir que los alimentos se descompongan en condiciones normales de temperatura durante algún tiempo; el policloruro de vinilo o polivinilcloruro (PVC) se emplea en la construcción de petrocasas en Cuba y Venezuela por su gran resistencia a los agentes externos y bajo costo (fig. 1.20).



Fig. 1.20 Usos de algunas sustancias según sus propiedades

Importante

La *densidad*, la *temperatura de fusión* y la *temperatura de ebullición* son propiedades físicas muy útiles para caracterizar a las sustancias puras, porque son constantes para cada una de estas y diferentes a las de las demás, en condiciones determinadas de temperatura y presión, o de una de ambas magnitudes.

Comprueba lo aprendido

- 1.7** Referente a las propiedades físicas de las sustancias puras, responde:
 a) Lista las mencionadas en este epígrafe.
 b) ¿Cuáles son constantes para cada una y diferentes a todas?
- 1.8** ¿Cómo se clasifican las sustancias atendiendo a su solubilidad en agua? Cita un ejemplo de cada una.
- 1.9** A veces se puede observar en varias calles charcos de agua en cuya superficie se encuentran gotas de petróleo, de gasolina o aceite procedentes de vehículos automotores. ¿Qué propiedad física de estas sustancias se pone de manifiesto en este caso?
- 1.10** Teniendo en cuenta las propiedades físicas del cloruro de sodio y de la *sacrosa* mencionadas al inicio de este epígrafe, confecciona una tabla similar a la 1.1.
- 1.11** ¿Por qué en el laboratorio las sustancias:
 no deben probarse ni tocarse con las manos;
 no deben verterse en sus frascos de origen después de usadas?
- 1.12** Describe cómo se debe:
 oler las sustancias;
 verter un líquido de un recipiente a otro.
- 1.13** ¿Qué precauciones deben tenerse en cuenta al trabajar con el mechero de alcohol (*etano*)?
- 1.14** ¿En qué propiedades de las sustancias se basaron las civilizaciones antiguas para hacer los objetos de oro, plata, hierro y cobre mostrados en la figura 1.3?

1.2 Las mezclas de sustancias

En esta segunda subunidad se definirán los conceptos mezcla de sustancias, mezcla heterogénea de sustancia, mezcla homogénea de sustancia,

Con el fin de satisfacer sus necesidades, la humanidad ha creado mezclas que no existen en estado natural, tales como: el vidrio, el cemento, el gas de la calle (compuesto por monóxido de carbono, *dihidrógeno* y metano, esencialmente), el gas licuado de balón (constituido por propano y butano), los *plaguicidas*, los jabones, perfumes y cosméticos, la mayoría de los fármacos y medicamentos y todas las *aleaciones*, como el latón, el bronce y el acero inoxidable, compuestas por cobre y zinc, la primera; cobre y estaño, la segunda; y hierro, cromo, níquel, manganeso, carbono y silicio, la tercera (fig. 1.21).



Fig. 1.21 Muestras de distintas mezclas

¿Sabías que...?

Una de las aleaciones más conocida es la amalgama dental, constituida por mercurio, plata, estaño y cobre, los dos primeros en mayor proporción. Se utiliza en el tratamiento de las caries, pues esta aleación se expande al formarse, no se agrieta con facilidad por ser muy resistente a las grandes presiones que ejercen los dientes y es capaz de unirse a la superficie de estos. Por eso estos empastes son muy seguros. Si bien el mercurio es muy tóxico, su peligrosidad disminuye al mezclarse con dichas sustancias. A pesar de las investigaciones, hasta hoy no existe un sustituto de este, el único metal líquido a temperatura ambiente.

El oro de 24 quilates es considerado 100 % puro y se utiliza para hacer joyas de 18 quilates. Este último es una aleación metálica compuesta por 75 % de oro y 25 % de plata y cobre.

¿Sabías que...?

La pirita de hierro: "el oro de los tontos"

La sustancia pura oro y el mineral pirita (fig. 1.22) poseen gran semejanza, pues su color y brillo son muy parecidos. Para diferenciarlos se pueden hacer dos pruebas: 1) en estado sólido el oro conduce la corriente eléctrica y la pirita no; 2) si se muerde una muestra de cada uno, en el oro quedarán las marcas de los dientes, porque es muy maleable, mientras que la pirita se romperá dividiéndose en pedazos pequeños, por ser dura y quebradiza.



Fig. 1.22 Pepita de oro - pirita de hierro

La pepita de oro más grande del mundo (fig. 1.23) fue encontrada en Australia en el año 1869. Su masa en bruto es de unos 78 kg (71 kg masa neta).



Fig. 1.23 Pepita de oro mayor del planeta

Por el aspecto externo no siempre se puede saber si una muestra dada es una sustancia pura o una mezcla de sustancias. Para esto es necesario comprobar, al menos, una de las propiedades físicas siguientes: la *temperatura de fusión*, la *temperatura de ebullición* o la *densidad*, pues estas, como se sabe, son constantes para cada sustancia pura en determinadas condiciones de presión y de temperatura, o de una de ellas, según el caso, mientras que

en las mezclas de sustancias estas propiedades varían en dependencia de sus componentes y de la proporción en que se encuentren.

Los distintos componentes en las mezclas de sustancias se pueden o no observar a simple vista. De acuerdo con esto las mezclas pueden ser heterogéneas u homogéneas.

! Importante

Una mezcla heterogénea de sustancias es aquella en la que los diferentes componentes que la forman se distinguen a simple vista (fig. 1.24).



Agua y aceite



Agua y arena



Granito (cuarzo, faldespato y mica)



Limaduras de hierro con octazufre

Fig. 1.24 Mezclas heterogéneas de sustancias

Cuando dos líquidos no se disuelven entre sí, se dice que son no miscibles. Por ejemplos, la mezcla de agua y aceite, y el aliño, muy utilizado para las ensaladas.

Las disoluciones y sus aplicaciones

Las disoluciones son un caso particular de mezclas de sustancias y se originan cuando una o más sustancias se disuelven en otra. Por eso, en las disoluciones el componente o los componentes disueltos no se distinguen a simple vista, ni con un microscopio.

Entre las disoluciones sólidas se encuentran algunas aleaciones como por ejemplo el acero. Cualquier mezcla de gases constituye una disolución gaseosa, por ejemplo, el aire. Disoluciones líquidas son las aguas continentales y oceánicas, entre muchas otras.

Las disoluciones líquidas, es decir, las disoluciones de sólidos, líquidos o gases en líquido, principalmente agua, son las más importantes y de uso más frecuente, y se denominan disoluciones acuosas. Tienen una función esencial en la práctica social, pues se emplean en el hogar, el laboratorio, la agricultura, la medicina, la biotecnología y la industria en general.

Importante

Si los diferentes componentes que forman una mezcla de sustancias no se distinguen a simple vista, entonces se trata de una mezcla homogénea de sustancias.

Las disoluciones son mezclas homogéneas de dos o más sustancias en proporciones variadas.

Las disoluciones pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas, atendiendo a su estado de agregación. Las proporciones de las sustancias que las constituyen pueden variar.

En la producción de azúcar, refrescos, bebidas alcohólicas, perfumes, jabones, tintes, colorantes, pinturas, etc., se utilizan disoluciones líquidas. También lo son los aceites lubricantes industriales, automotriz, entre otros; los sueros fisiológicos y numerosos productos farmacéuticos usados en medicina; así como algunos plaguicidas de gran importancia para la agricultura, son disoluciones líquidas, al igual que los aceites vegetales, el vinagre, el vino seco, la lejía, el sulfamante, aromatizantes y algunos detergentes líquidos muy manipulados en el hogar.

Muchos procesos ocurren entre disoluciones líquidas, fundamentalmente en las que el agua es el disolvente, como en los organismos vivos. Por ejemplo, las plantas toman las sustancias nutritivas del suelo solo en disolución. Además, las disoluciones constituyen la parte líquida de las células vivientes tanto de los animales como de los vegetales.

Importante

En las disoluciones líquidas el o los componentes disueltos o que se encuentran en menor proporción se denominan soluto y la sustancia que disuelve al soluto se nombra disolvente. Se denomina disolución acuosa a la disolución líquida en la que el agua es el disolvente.

Generalmente, en las disoluciones de sólidos o de gases en líquido, este último es el disolvente, mientras que los sólidos o gases disueltos son solutos. Así, en las aguas naturales superficiales o subterráneas, el dióxígeno, el dióxido de carbono y las sustancias sólidas disueltas son solutos y el agua es el disolvente.

En las disoluciones de líquido en líquido el soluto está en menor proporción. En una disolución de agua y *etanol* (comúnmente llamado alcohol), cualquiera de los dos puede ser el disolvente y el soluto, pues solo depende de la proporción de cada uno.

El agua: disolvente por excelencia

En el agua se disuelven numerosas sustancias, por lo que es un excelente disolvente. Su amplia utilización en la industria, la técnica, el laboratorio, la medicina, la agricultura, el hogar, así como en otras esferas de la producción, los servicios y la ciencia, se basa, fundamentalmente, en esa significativa propiedad que tiene de disolver a muchas sustancias.

Por su importancia para la vida, tanto de los seres humanos como de las plantas y animales, al igual que en el desarrollo agrícola, industrial, científico-técnico, entre otros, es imprescindible utilizar racionalmente el agua y evitar su contaminación para un desarrollo sostenible.

¿Sabías que...?

El agua ha sido y es tan apreciada por el ser humano que en diferentes civilizaciones se ha convertido en protagonista de numerosas ceremonias religiosas, por ser considerada como un purificador en la mayoría de las religiones.

Lo expresado hasta este momento se puede resumir como se muestra a continuación:

Sistematizando

En la naturaleza las sustancias se encuentran puras o mezcladas. Las mezclas de sustancias se clasifican en heterogéneas y homogéneas, en dependencia de si los componentes que la forman se distinguen o no a simple vista. Las disoluciones son mezclas homogéneas de dos o más sustancias en proporciones variadas (fig.1.25)

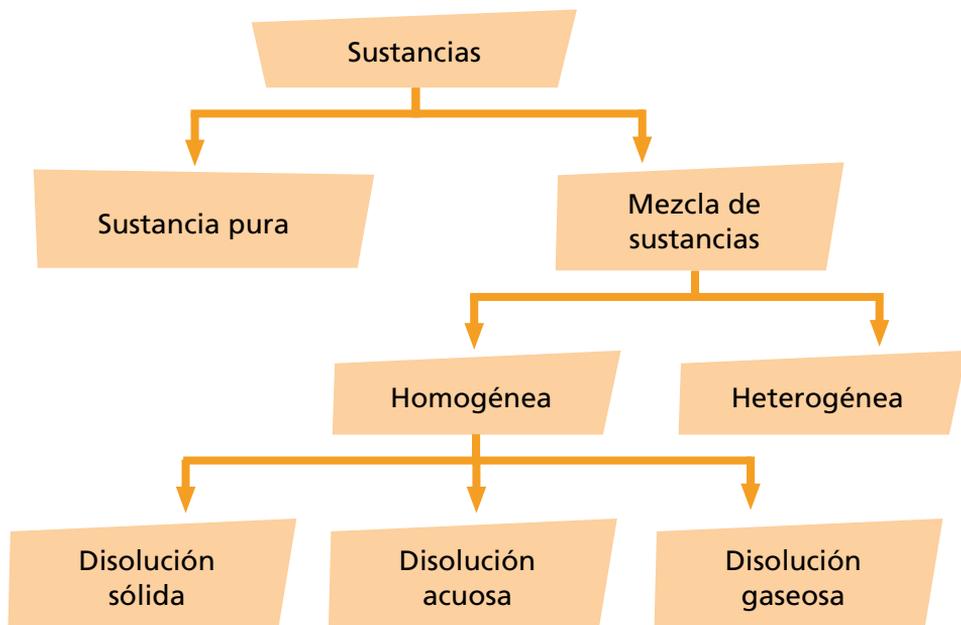


Fig. 1. 25 Esquema que resume cómo se encuentran las sustancias en la naturaleza

Comprueba lo aprendido

1.15 ¿Qué diferencias existen entre una sustancia pura y una mezcla de sustancia? Argumenta.
a) Cita dos ejemplos de cada una.

1.16 ¿Qué procedimientos o experimentos se pueden realizar para saber si una muestra es una sustancia pura o una mezcla de sustancias?

1.17 Clasifica las mezclas de sustancias siguientes en homogénea o heterogénea y argumenta tus respuestas.
a) agua y sacarosa (también denominada azúcar);
b) agua y serrín;
c) dos líquidos miscibles entre sí, por ejemplo, agua y *etanol*, en el que el agua se encuentra en mayor proporción;
d) refresco (formado por agua, azúcar, saborizante y dióxido de carbono).

- 1.18** De las mezclas de sustancias anteriores:
- ¿Cuáles son disoluciones? Argumenta.
 - Menciona el soluto o los solutos y el disolvente en cada caso.
- 1.19** Con respecto al agua y las disoluciones acuosas di:
- ¿En qué propiedad del agua se basa su amplia utilización?
 - ¿Por qué el agua y muchas disoluciones acuosas tienen gran importancia para una vida saludable?
- 1.20** Investiga en tu localidad:
- ¿Qué medidas se aplican a nivel comunitario para el ahorro de agua?
 - ¿Qué acciones puedes emprender, desde tu actuar como pionero, para contribuir a esto?

1.2.2 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias según sus propiedades

Una de las tareas principales de la química consiste en obtener una sustancia determinada (o varias) mediante reacciones químicas. Sin embargo, solo es necesario separarlas de la mezcla de sustancias que la conforman.

Para separar los componentes que constituyen una mezcla de sustancias, primero es necesario conocer las propiedades de cada una de estas.



Importante

Los componentes de una mezcla de sustancias se separan teniendo en cuenta una o varias de sus propiedades físicas, de las sustancias que las componen, tales como el estado de agregación, la solubilidad en agua o en otro disolvente, la densidad y la temperatura de ebullición.

Tanto en el laboratorio como en la industria y el hogar se llevan a cabo una o más operaciones para separar los componentes de una mezcla de sustancias.



Importante

Las operaciones más utilizadas para separar los componentes de una mezcla de sustancias en el laboratorio son: decantación, filtración, vaporización y destilación.

A veces es necesario hacer solo una de las operaciones mencionadas para separar las sustancias que forman la mezcla. Pero en la mayoría de los casos hay que realizar dos o más de estas e incluso hasta añadir una sustancia, generalmente un líquido, que en muchos casos es agua, por ser un disolvente excepcional. Otras operaciones en la industria son más complejas, pero se basan en el mismo principio.

Si se conocen los componentes de una mezcla de sustancias y las propiedades de cada una de estas, se puede formular una predicción sobre cómo separarlos y después comprobarla en la práctica.



Importante

Luego de conocer las propiedades de las sustancias que forman la mezcla, se debe describir con palabras cómo se procederá, es decir, en qué orden se llevarán a cabo las operaciones, qué sustancia será separada en cada caso y cuál o cuáles se quedan como residuo.

Comprueba lo aprendido

1.21 ¿Qué se debe saber y hacer antes de separar los componentes de una mezcla de sustancias?

1.22 Reflexiona: ¿cuáles propiedades físicas se deben considerar, fundamentalmente, para separar los componentes de una mezcla de sustancias?

1.2.3 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por decantación

La arena y el agua forman una mezcla heterogénea de sustancias que pueden separarse por decantación, pues la arena es prácticamente insoluble en agua y sedimenta en el fondo del recipiente después de un tiempo breve.

Los líquidos no miscibles (o prácticamente insolubles) entre sí, que constituyen una mezcla heterogénea, como ocurre con la gasolina y el agua, también se separan por decantación. Esta mezcla se vierte en un embudo de separación (Apéndice 3) y se deja reposar hasta que se

observe claramente la separación (interfase) entre los dos líquidos, donde queda la gasolina encima del agua. Después se decanta el agua abriendo la llave, mientras el otro líquido queda en el embudo de separación.



Importante

La decantación es una operación que consiste en trasvasar un líquido a un recipiente para separarlo de una mezcla heterogénea de sustancias constituida, además, por:

- ▶ un sólido prácticamente insoluble en el líquido y más denso que este;
- ▶ o un líquido prácticamente insoluble en el líquido trasvasado y ambos de diferente densidad.

Se realiza para separar los componentes de una mezcla heterogénea de sustancias en la que uno de ellos siempre es un líquido, mientras que el otro puede ser un sólido o un líquido. En ambos casos, es decir, en la mezcla heterogénea de sólido y líquido y en la de dos líquidos, un componente es prácticamente insoluble en el otro y más denso.

Por tanto, las sustancias que conforman la mezcla se separan teniendo en cuenta sus propiedades.



Importante

Las propiedades en que se basa la separación de los componentes de una mezcla heterogénea de sustancias por decantación son el estado de agregación, la solubilidad (en agua u otro disolvente) y la densidad.

En la figura 1.26 se ilustran los aparatos que se emplean en el laboratorio para la realización de las operaciones de decantación descritas.

Ambos aparatos son diseñados teniendo en cuenta las propiedades de los componentes de cada una de las mezclas de sustancias mencionadas.

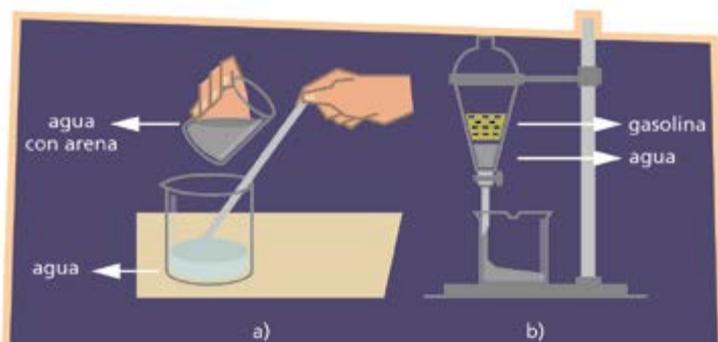


Fig. 1.26 Diseño de los aparatos para realizar la operación de decantación de una mezcla heterogénea de:
a) arena y agua; b) gasolina y agua

En el caso del aparato utilizado para separar los componentes de un líquido y un sólido prácticamente insoluble en este (fig.1.26a), las sustancias iniciales (agua con arena) se encuentran en un vaso de precipitados, muy utilizado para contener mezclas de sustancias y verter líquidos por ser cilíndrico y estar provisto de un pico, del cual se trasvasa el líquido (agua) auxiliándose de una varilla de vidrio macizo con un extremo en forma de roma (no tiene punta ni filo), llamada agitador, por el que se desliza el líquido que se recoge en otro vaso de precipitados.

En el otro aparato (fig.1.26b), el embudo de separación se emplea para separar líquidos inmiscibles entre sí. Tiene dos características muy importantes que guardan relación con las propiedades de las sustancias que forman la mezcla heterogénea: una abertura en su parte superior por la que esta se vierte y una llave en su parte media con la que se controla la salida del líquido más denso, que se recoge en un vaso de precipitados. El embudo se encuentra colocado en un aro o anilla que está fijado a un soporte universal. Todos estos útiles conforman el aparato para separar, por decantación, la mezcla heterogénea de dos líquidos no miscibles entre sí.

¿? ¿Sabías que...?

Para decantar con el embudo de separación, primero se quita la tapa que cierra la boca del embudo, después se gira la llave poco a poco hasta llegar a los 90° para permitir la salida del líquido más denso y, por último, esta se cierra cuando cerca de ella esté la superficie de separación o interfase de ambos líquidos.

Los vasos de precipitados y el embudo de separación se consideran recipientes de usos varios, el agitador es un utensilio que también puede tener diversos empleos, mientras que el aro o anilla y el soporte universal son materiales de metal.

Mediante un *diagrama de flujo* se puede representar, de manera abreviada, la separación de los componentes de una mezcla cualquiera. Puede considerarse un plan de acción.

En la figura 1.27 se muestran dos esquemas generales utilizados para esto: a) en el caso de una mezcla sencilla de sustancias, formada por dos componentes; b) cuando se requiere añadir otra sustancia a la mezcla inicial para propiciar la separación de sus componentes.

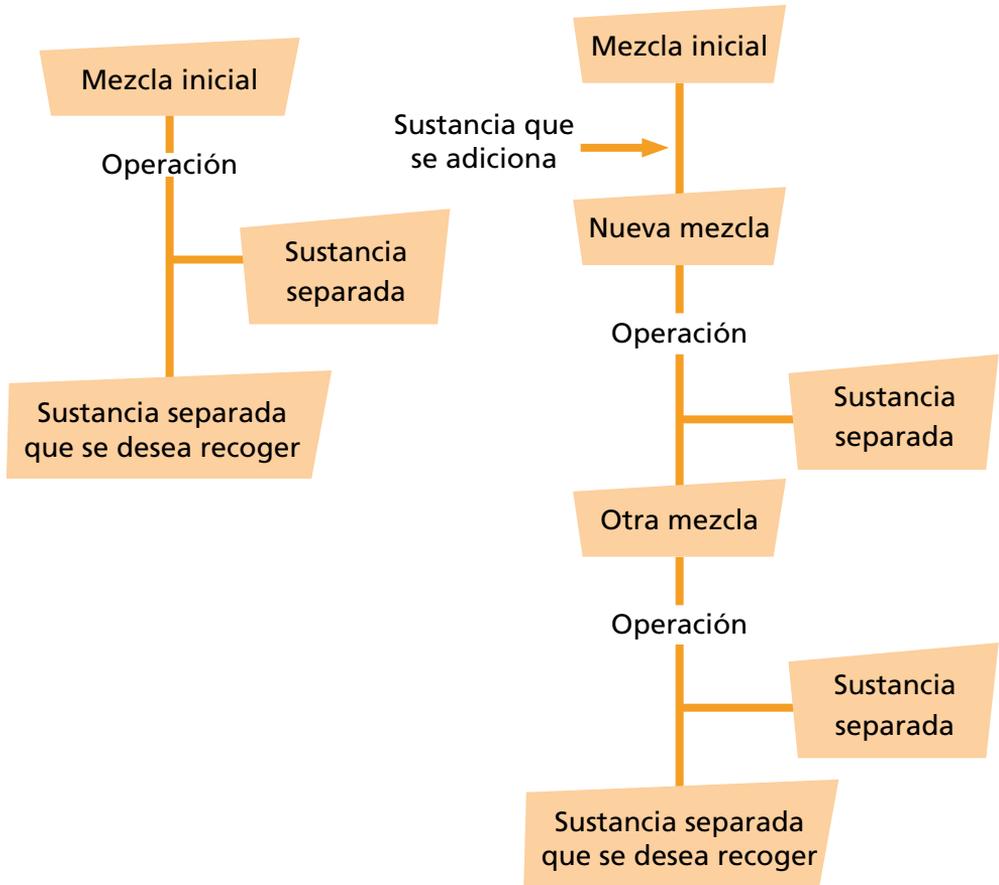


Fig. 1.27 Esquemas generales de diagramas de flujo

Los diagramas de flujo que representan los pasos a seguir para separar las sustancias de las dos mezclas mencionadas se ofrecen en la figura 1.28.

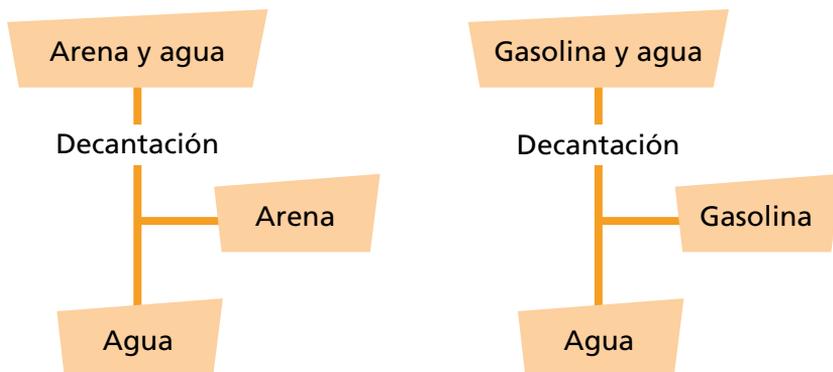


Fig. 1.28 Diagramas de flujo para la decantación de:
A) arena (sólido) en agua (líquido); B) gasolina y agua (líquidos)

Por lo general, en el rectángulo de la derecha se coloca la sustancia que se separa y en el último de abajo la sustancia que se desea recoger. Así, para los ejemplos presentados, en el recipiente que contenía cada mezcla quedan la arena y la gasolina, mientras el agua es la sustancia que se desea recoger.



Importante

La decantación consiste en trasvasar un líquido a un recipiente, para separarlo de otro componente (sólido o líquido) de una mezcla de sustancias en la que estas últimas son prácticamente insolubles en el líquido y el sólido más denso que este, en tanto ambos líquidos poseen diferente densidad.

En una de las fases de la producción industrial de azúcar o sacarosa, el jugo de la caña o guarapo es separado por decantación de la cachaza y de impurezas sólidas como las arcillas y las arenas.



¿Sabías que...?

La decantación también se puede hacer por succión. En este caso, el líquido se extrae con un gotero o con una bomba de succión, en dependencia del volumen de líquido contenido en la mezcla (fig.1.29). Para ello se emplea un embudo con características específicas denominado "embudo Buchner" (consultar el apéndice 3).

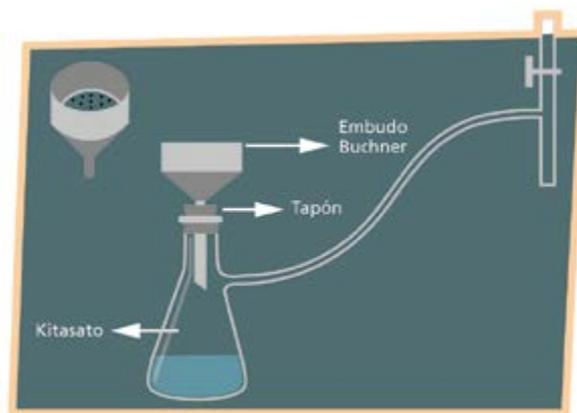


Fig. 1.29 Aparato para la decantación de una mezcla heterogénea de sustancias por succión

Sistematizando

La decantación se realiza para separar los componentes de una mezcla heterogénea de sustancias en la que uno de ellos siempre es un líquido, mientras que el otro puede ser un sólido o un líquido. Tanto en la mezcla de sólido y líquido como en la de dos líquidos, un componente es prácticamente insoluble en el otro y más denso, por lo que se deposita rápidamente en el fondo del recipiente.

Comprueba lo aprendido

1.23 ¿En qué consiste la operación de decantación?

1.24 Se tienen dos mezclas de sustancias. Una está formada por agua y arcilla (sustancia sólida y prácticamente insoluble en agua, que sedimenta en el fondo del recipiente después de breve tiempo). La otra es de agua y aceite. Ambos líquidos son inmiscibles entre sí, pero el agua es más densa que el aceite.

- Clasifica las mezclas de sustancias en homogéneas o heterogéneas. ¿Qué criterio tuviste en cuenta para hacer tal clasificación?
- Los componentes de ambas mezclas se pueden separar por decantación. Argumenta.
- Describe la separación de los componentes de estas mezclas.
- Haz un diagrama de flujo con el que representes la operación llevada a cabo en cada caso.

- e) ¿Qué propiedades de los componentes de cada mezcla permiten separarlos como propusiste?
- f) Selecciona una de las mezclas de sustancias dadas y dibuja en tu libreta el aparato que utilizarías para separar sus componentes.
- g) ¿Qué relación existe entre el diseño del aparato dibujado y las propiedades de las sustancias que conforman la mezcla?

Desafío

En un servicentro CUPET la gasolina contenida en los tanques subterráneos se mezcló con agua.

¿Cómo procederías para solo dejar la gasolina en los tanques?

1.2.4 Separación de los componentes de una mezcla de sustancias por filtración

Los componentes de las mezclas heterogéneas de serrín y agua, así como de tiza en polvo y agua, pueden separarse por filtración. Ambos sólidos son prácticamente insolubles en este disolvente. Además, el serrín flota en la superficie del agua, mientras que la tiza en polvo, se mantiene mucho tiempo en suspensión.



Importante

La filtración es una operación que consiste en trasvasar un líquido a un recipiente, a través de un filtro, para separarlo de una mezcla heterogénea de sustancias constituida, además, por uno o más componentes sólidos prácticamente insolubles en el líquido y menos denso que este.

De ahí que las sustancias que conforman la mezcla heterogénea se separan teniendo en cuenta sus propiedades.



Importante

Las propiedades en que se basa la separación de los componentes de una mezcla heterogénea de sustancias por filtración son el estado de agregación, la solubilidad (en agua u otro disolvente) y la densidad, al igual que en la decantación.

En la figura 1.30 se muestra el aparato más frecuentemente utilizado en el laboratorio para llevar a cabo la operación de filtración, en el que, por lo general, se utiliza un papel de filtro. Para doblarlo se deben seguir las indicaciones que aparecen en esta figura.

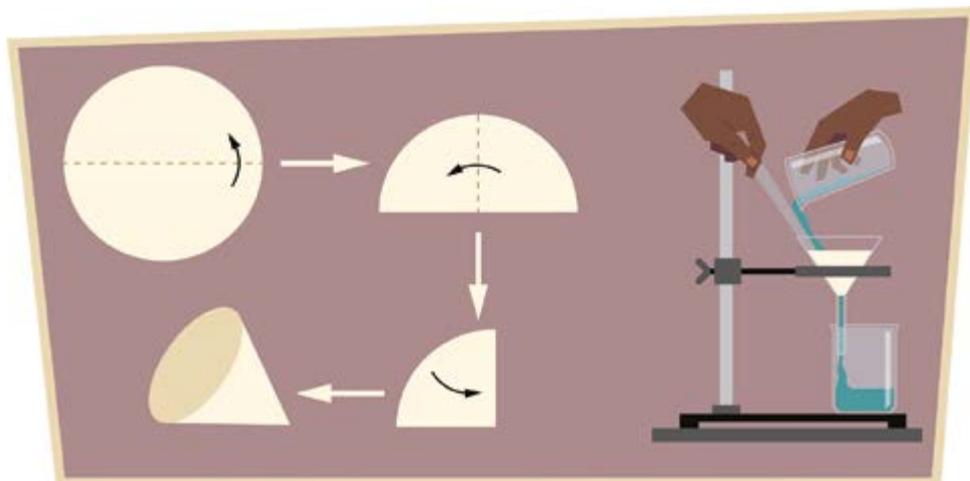


Fig. 1.30 Pasos para doblar el papel de filtro y aparato para realizar la filtración

El aparato que se utiliza para filtrar también se diseña según las propiedades de las sustancias que constituyen las mezclas heterogéneas citadas de un líquido y un sólido prácticamente insoluble y menos denso que este, ejemplos serán o polvo de tiza en agua.

En un vaso de precipitados se forma la mezcla, de agua y serrín o agua y tiza en polvo. El líquido se trasvasa, poco a poco y con la ayuda de un agitador, hacia el papel de filtro, lo atraviesa y se desliza por el vástago del embudo hasta el otro vaso de precipitados. El sólido, que se mantiene en la superficie del líquido, o en suspensión durante largo tiempo, queda retenido en el papel de filtro que se encuentra en el embudo (considerado un utensilio de usos varios), colocado en un aro o anilla que está fijado en un soporte universal.



Importante

Durante la filtración, el líquido que atraviesa el filtro y que es trasvasado se denomina filtrado y el sólido que queda retenido en dicho filtro se nombra residuo.

Los diagramas de flujo que representan la separación de los componentes de las mezclas de sustancias mencionadas, en las que se desea recoger el agua, se aprecian en la figura. 1.31: a) aserrín y agua; b) tiza en polvo y agua.

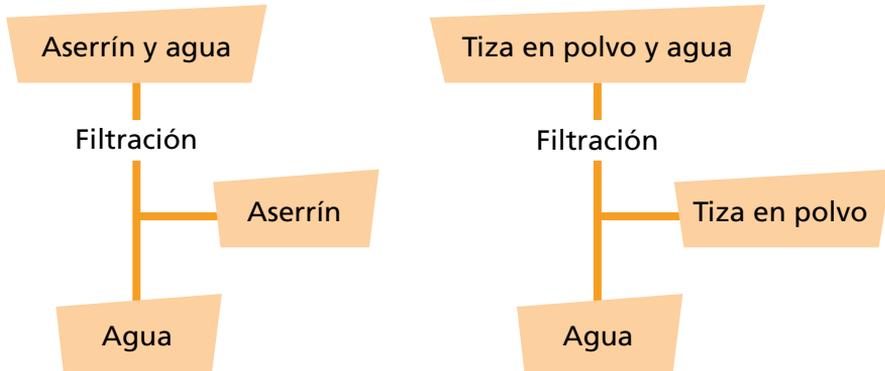


Fig. 1.31 Diagramas de flujo de las operaciones de filtración de dos mezclas heterogéneas

Si en el filtrado anterior lo que se quisiera recoger es el aserrín y la tiza de polvo, en lugar del agua, entonces en el diagrama de flujo el aserrín y la tiza de polvo se ubicarían donde se encuentra el agua al final de cada diagrama respectivamente.



Sistematizando

La filtración se realiza para separar los componentes de una mezcla heterogénea de sustancias en la que uno de ellos siempre es un líquido, mientras que el otro es un sólido prácticamente insoluble en el líquido y relativamente menos denso que este, por lo que flota en su superficie o se mantiene en suspensión durante un tiempo relativamente prolongado.

En los procesos industriales se emplean varios filtros: tejidos de paño, lana de vidrio, algodón, grava o arena, tela metálica o lona, grafeno para quitar las sales del agua de mar, entre otros.

En los centrales azucareros, el guarapo que se extrae de la caña de azúcar se separa de diferentes sólidos en suspensión, entre los que se encuentra el bagacillo, fundamentalmente por filtración. También un gran

volumen de jugo contenido en la cachaza se recupera mediante esta operación. Además, en el proceso de refinación del azúcar crudo se añade agua caliente a las cachazas formadas en las refinerías y después se decanta o se filtra para recuperar la mayor parte de la sacarosa que aún se puede obtener (recobrado).

¿Sabías que...?

Proceso de potabilización del agua

La decantación y la filtración se emplean en los acueductos para hacer potable el agua proveniente de ríos y manantiales (fig. 1.32). La malla o rejillas de la fuente de abastecimiento (a) retiene numerosos objetos flotantes, el agua se bombea (b) a un lugar donde ocurre la sedimentación de numerosas impurezas sólidas (c), que se separan por decantación de este disolvente. Pero como el agua aún contiene impurezas sólidas en su superficie o en suspensión, se eliminan filtrándolas a través de una capa de arena (d). Al filtrado se le adiciona hipoclorito de sodio y otras sustancias que destruyen las bacterias y los gérmenes patógenos (e), y se almacena en otra zona (f), lista para su distribución a la población mediante bombeo (g).

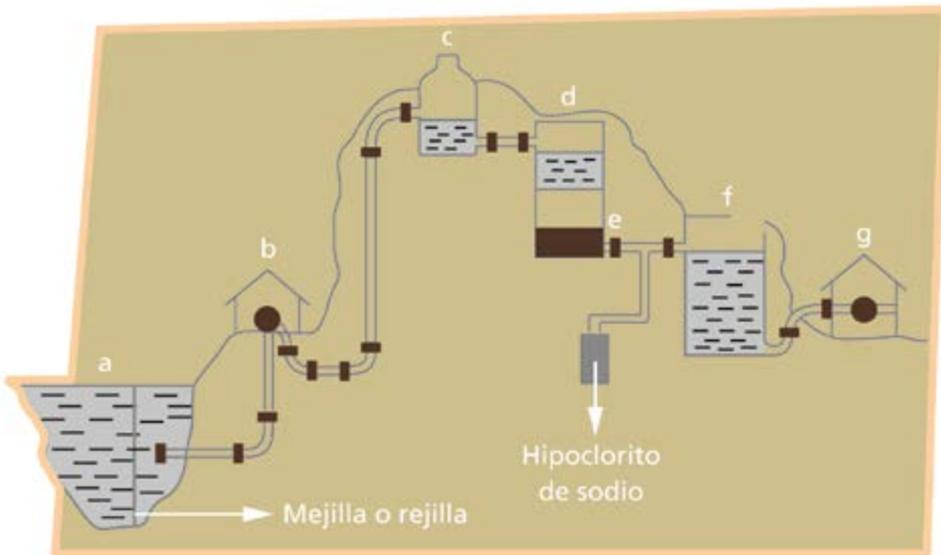


Fig. 1.32 Esquema de un acueducto:

- a) fuente de abastecimiento; b) casa de bombas; c) sedimentación; d) filtración;
- e) corificación; f) almacenamiento; g) bombas de distribución



Salud ambiental

El proceso de potabilización del agua en el acueducto, al cual el Gobierno Revolucionario y el Partido Comunista cubanos prestan gran atención, evita enfermedades como el parasitismo, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y el cólera, que pueden ser transmitidas por su contaminación, así como por problemas higiénicos. Un ejemplo de ello ocurre en el Acueducto de Albear significativa obra de ingeniería construida en La Habana en la segunda mitad del siglo XIX, considerada una de las siete maravillas de la ingeniería civil cubana (fig.1.33).

Se recomienda hervir el agua cuando ocurren fenómenos naturales, como ciclones y huracanes, pues en estos casos se contamina el agua del acueducto. El agua potable, la misma que se comercializa embotellada, está libre de impurezas nocivas para la salud del ser humano, pero contiene sales y otras sustancias disueltas que son necesarias para su organismo. Por esa razón, el agua potable no es una sustancia pura. Sin embargo, el agua destilada sí.



Fig. 1.33 Acueducto de Albear

Comprueba lo aprendido

1.25 ¿En qué consiste la operación de filtración?

1.26 Argumenta las afirmaciones siguientes:

- a) Las mezclas de sustancias cuyos componentes se separan por decantación y filtración son homogéneas.
- b) En las dos operaciones mencionadas se trasvasa un líquido a otro recipiente.

1.27 ¿En qué propiedades se basa la separación de los componentes de una mezcla de sustancias por decantación y filtración?

1.28 Se tienen tres mezclas de sustancias que se quieren separar: A) compuesta por agua y pedacitos de corcho; B) formada por agua y carbón en polvo (sustancia sólida que se mantiene en suspensión en el líquido un tiempo prolongado); C) constituida por dos líquidos: benceno (muy tóxico) y agua (que se encuentra en mayor proporción y se deposita en el fondo del recipiente).

- Clasifica las mezclas en homogéneas o heterogéneas. ¿Qué criterio tuviste en cuenta para hacer tal clasificación?
- Describe la separación de los componentes de cada mezcla.
- Haz un diagrama de flujo con el que representes la operación llevada a cabo en cada caso, teniendo en cuenta que en todos los casos se desea recoger agua.
- ¿Qué propiedades de las sustancias de cada una de estas mezclas permiten separarlas como propusiste?
- Selecciona una de las mezclas de sustancias dadas y dibuja en tu libreta el aparato que utilizarías para separar sus componentes.
- ¿Qué relación existe entre el diseño del aparato dibujado y las propiedades de las sustancias que conforman la mezcla?

1.29 Durante la potabilización del agua en los acueductos se separan numerosas impurezas sólidas de diferentes densidades, que sedimentan con facilidad o flotan en su superficie, y se eliminan microorganismos.

- ¿Qué operaciones se hacen durante este proceso? Descríbelas.
- ¿Por qué al referirse al agua como recurso natural, se discute sobre la pertinencia de denominarla recurso renovable y no recurso inagotable?
- ¿Qué valores son necesarios formar para contribuir a la conservación de las reservas naturales de agua potable?

Desafío

Menciona una mezcla formada por dos o tres sustancias que para separarlas tengas que llevar a cabo las operaciones de decantación y filtración. Considera que una de ellas es agua y que esta es la sustancia que se desea recoger.

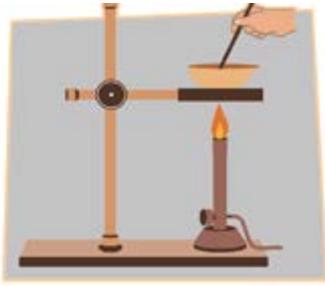


Fig. 1.34 Aparato para la vaporización de una disolución de agua de mar

El aparato que se utiliza para llevar a cabo la vaporización por calentamiento se diseña teniendo en cuenta las propiedades de las sustancias que forman la mezcla homogénea de un sólido disuelto en un líquido. Esta se coloca en una cápsula de porcelana, por tener poca altura, una superficie adecuada y ser resistente a altas temperaturas, por lo que se puede calentar directamente, la cual se remueve constantemente con un agitador. Este recipiente de usos varios se coloca sobre un aro o anilla, fijado en un soporte universal, para poder calentar la mezcla de sustancias con un mechero de etanol (Apéndice 3), un quemador Bunsen o una manta eléctrica.

El diagrama de flujo que representa la separación de los componentes de la mezcla de sustancias nombrada aparece en la figura 1.35. En este caso la vaporización del agua de mar se realiza con el propósito de recoger los sólidos presentes en ella, mientras que el agua se vaporiza.

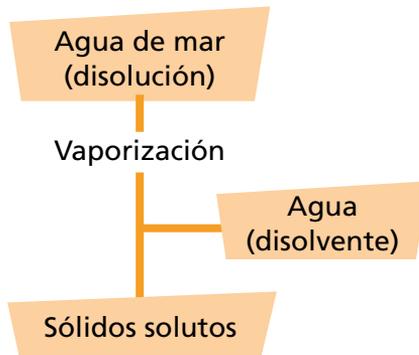


Fig. 1.35 Diagrama de flujo de la operación de vaporización de agua de mar (una disolución)

Otra de las fases en el proceso de producción de azúcar consiste en someter a vaporización el guarapo separado de la cachaza, pues contiene 85 % de agua. Al vaporizarse un gran volumen de agua se obtiene un jarabe de color amarillo llamado meladura, que posee un alto porcentaje de azúcar disuelto. Después la meladura pasa a los tachos, donde se forman los primeros cristales de azúcar por vaporización del agua restante.

Una de las etapas de separación del cloruro de sodio en las salinas y de obtención del jabón en la industria consiste en la vaporización del agua. En las salinas este proceso se hace a temperatura ambiente en zonas costeras en las que se separa el cloruro de sodio del agua de mar por evaporación (figura 1.36). La vaporización por evaporación, como en este caso, se utiliza a menudo para secar sólidos humedecidos.



Fig. 1.36 Salinas en zonas costeras cubanas

Desafío

Menciona una mezcla formada por tres o cuatro sustancias que para separarlas tengas que llevar a cabo las operaciones de decantación, filtración y vaporización.

- ¿Cómo procederías? Elige las sustancias que deseas recoger.
- Representa lo descrito mediante un diagrama de flujo.
- ¿Qué propiedades de las sustancias de la mezcla tuviste en cuenta para separarlas en cada caso?

Comprueba lo aprendido

1.30 ¿En qué consiste la operación de vaporización?

1.31 Argumenta la afirmación siguiente:

Las mezclas de sustancias cuyos componentes se separan por vaporización son heterogéneas.

1.32 En un vaso de precipitados con agua y cloruro de calcio totalmente disuelto, se vierte un poquito de arena. Después que se ha depositado en el fondo del recipiente se añade una pequeña cantidad de carbón en polvo (sustancia sólida que se mantiene en suspensión un

tiempo prolongado) y, por último, una pizca de octazufre (sólido que flota en la superficie del agua).

- Describe la separación de los componentes de esta mezcla de sustancias.
- Representa lo descrito mediante un diagrama de flujo.
- ¿Qué propiedades de los componentes permiten separarlos como propusiste?

1.33 Se quiere purificar una muestra de cloruro de sodio que contiene impurezas de carbón en polvo. Se sabe que la sal de cocina es soluble en agua y que el carbón en polvo es un sólido prácticamente insoluble en este disolvente y relativamente menos denso que este. Concluye el diagrama de flujo que se te ofrece (fig. 1.37) y tenlo en cuenta para otros casos similares.

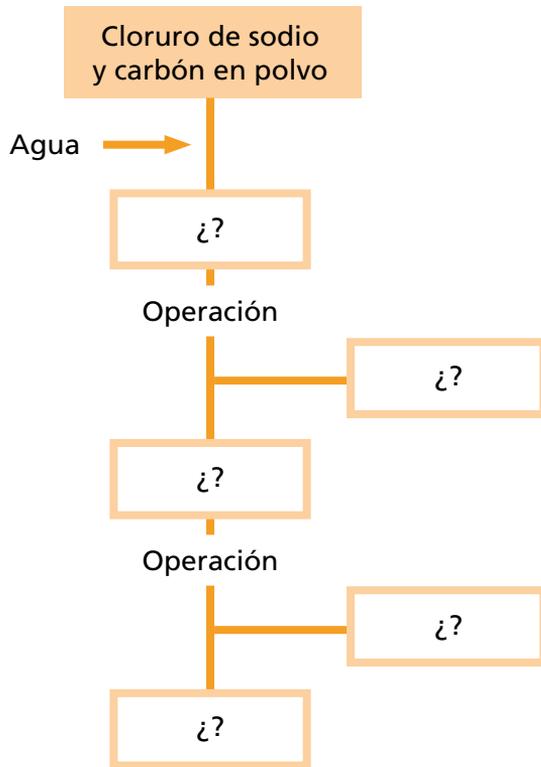


Fig. 1.37 Diagrama de flujo incompleto para la separación de una mezcla de dos sólidos

En esta operación hay dos cambios de estado de agregación: primero, de líquido a gas (vaporización del líquido) y después, de gas a líquido (condensación del gas o vapor). La destilación es una operación muy compleja, mucho más que la decantación, la filtración y la vaporización.



Importante

La propiedad en que se basa la separación de los componentes de una mezcla mediante destilación radica en la temperatura de ebullición de los líquidos que la constituyen, las cuales no deben ser muy próximas.

El aparato de destilación simple (fig. 1.38) es más complejo que los anteriores. No obstante, su diseño también está relacionado con las propiedades de las sustancias que constituyen la mezcla. Por ejemplo, el agua del acueducto se coloca en un balón de destilación, que es un recipiente de vidrio, de usos varios, como otros mencionados, resistente a altas temperaturas, con cuello largo y estrecho y una tubuladura lateral descendente por la cual sale el agua (en forma de vapor o gas) a su temperatura de ebullición.

En su parte superior se coloca un tapón monohoradado por el que se introduce un termómetro hasta la tubuladura lateral (fig. 1.38) para medir la temperatura de ebullición de los líquidos que se destilan.

La mezcla es calentada con un quemador Bunsen, en este caso, pues puede usarse otra fuente de calefacción como una mantilla de calentamiento eléctrica.

Conectado al balón de destilación por su tubuladura lateral, mediante un tapón monohoradado, a su derecha se encuentra un condensador o refrigerante, por cuyo tubo interior pasan los vapores de agua.

Este utensilio, de uso especializado, posee dos tubuladuras laterales pequeñas, una en la parte inferior y otra en la superior. Por la primera entra una corriente de agua fría que circula por el tubo exterior del condensador, en sentido contrario al desplazamiento de los vapores de agua que se trasladan por su tubo inferior, que hace que estos se enfríen y condensen. Por la otra tubuladura superior del refrigerante sale el agua, ahora caliente, que había entrado por la inferior.

El líquido destilado (agua libre de impurezas y de otras sustancias, como el cloruro de sodio, entre otras sales) sale por el tubo interior del

condensador y se recoge en un erlenmeyer, recipiente de usos varios de forma cónica, boca estrecha y base ancha y plana, muy empleado para estos fines. Esta agua se denomina agua destilada. Por eso se utiliza para el funcionamiento de los acumuladores de transporte automotores y como disolvente para la preparación de medicamentos y de disoluciones que se emplean en los laboratorios, entre otros usos.

¿? ¿Sabías que...?

La circulación de dos sustancias en sentido contrario entre sí se conoce como proceso de contracorriente. En el ejemplo descrito esto se evidencia al circular el agua fría en sentido contrario al desplazamiento de los vapores de agua en el refrigerante, para que estos se condensen.

El enfriamiento o calentamiento de una sustancia por la acción de otra se denomina proceso de intercambio térmico. En la destilación del agua del acueducto esto se pone de manifiesto durante el enfriamiento (condensación) de los vapores de agua por la acción de la corriente de agua fría. También en la vaporización tiene lugar un proceso de intercambio térmico.

Ambos procesos: contracorriente e intercambio térmico, se emplean en muchos procesos industriales.

El diagrama de flujo que representa la separación de los componentes del agua del acueducto se ofrece en la figura 1.39.

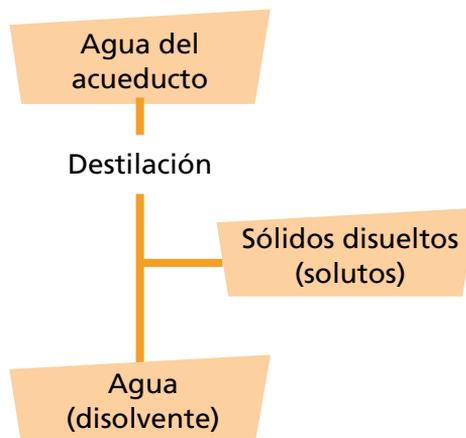


Fig. 1.39 Diagrama de flujo de la destilación del agua del acueducto



Conoce un poco más

Destilación fraccionada

En la destilación del petróleo (constituido por líquidos miscibles e inmiscibles entre sí, sólidos e incluso gases), se recogen varios líquidos a diferentes temperaturas de ebullición. Por eso se denomina destilación fraccionada. Por tanto, primero se recoge el líquido de menor temperatura de ebullición, luego el de una temperatura de ebullición superior que el anterior y así sucesivamente hasta que se destile el de mayor temperatura de ebullición. Esta es una de las operaciones más importantes y complejas que se llevan a cabo en el proceso de refinación del petróleo crudo (fig.1.40).



Fig. 1.40 Destilación fraccionada del petróleo

En Cuba, el etanol se recoge por la destilación del producto de la fermentación de las mieles finales de la industria azucarera. La mezcla formada durante la fermentación de esas mieles primero se filtra y después se destila.

Este alcohol también puede recogerse al destilar la mezcla producida en la fermentación de algunos jugos de frutas, de cereales y del suero lácteo.

El etanol es muy importante, pues se emplea como disolvente para la elaboración de bebidas alcohólicas, medicamentos, perfumes, cosméticos, barnices, lacas, tintes, insecticidas, combustible, etcétera. Como bebida alcohólica forma parte de las llamadas "Drogas legales" y es de las más consumidas en el mundo, junto a la nicotina y la cafeína. Es el causante de la adicción al alcohol (alcoholismo), motivado por la ingesta sistemática de bebidas alcohólicas que consiste en una enfermedad crónica, progresiva e incurable, donde la persona siente una necesidad y ansiedad de ingerir etanol, afectando no solo su salud, sino también a sus amigos, familiares y personas que se encuentran a su alrededor. En cada año en el mundo se calcula que mueran más de tres millones de personas a causa del consumo del etanol.

¿Sabías que...?



Fig. 1.41 Obtención de etanol a partir del maíz

Producción de etanol del maíz

En la actualidad, la crisis en la producción de combustibles fósiles y su irracional uso en las sociedades capitalistas ha llevado a países como Estados Unidos a la obtención de etanol a partir de productos agrícolas alimenticios como el maíz (fig. 1.41), práctica muy criticada mundialmente porque conlleva el incremento del hambre de las grandes masas de desposeídos.



Conoce un poco más

Destilación del aire

La destilación igualmente puede efectuarse a una mezcla homogénea de gases (disolución gaseosa), como es el aire, que primero se licúa. Durante la destilación del aire licuado en la industria (fig. 1.42), se recogen sus principales componentes: dinitrógeno y dióxígeno, en estado líquido.

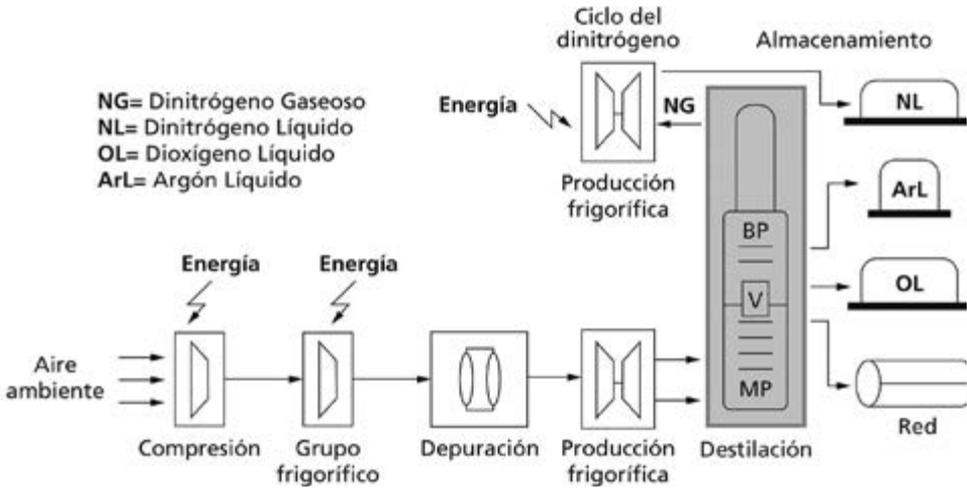


Fig. 1.42 Representación de la destilación del aire

Desafío

Consulta en el Apéndice 1 las temperaturas de ebullición de las sustancias y responde:

- ¿A qué temperatura aproximada y en qué estado de agregación debe encontrarse el aire (mezcla de varios gases) a una presión de 100 kPa para poder recoger, por destilación fraccionada, las sustancias puras dinitrógeno y dioxígeno?
- ¿Cuál de estas sustancias se recoge primero y cuál después, y a qué temperatura en cada caso?

Sistematizando

Menciona las semejanzas y diferencias que existen entre las operaciones de vaporización y destilación en cuanto a:

- ¿Qué tipo de mezcla de sustancias forman sus componentes?
- ¿En qué consisten?
- ¿Qué cambios de estado de agregación tienen lugar durante cada operación?
- ¿En qué propiedades se basa la separación de cada uno de los componentes de esta mezcla de sustancias?

1.3 Las reacciones químicas

Esta epígrafe y subepígrafe del capítulo 1 abarca tres epígrafes, en los que se ampliará la definición de reacción química, se tratarán sus manifestaciones externas, se brindará una primera clasificación de ella, se definirá cada uno de sus tipos y por vez primera se representará. Por último, se compararán las sustancias puras y las mezclas de sustancias, así como estas últimas y las reacciones químicas.

1.3.1 La reacción química. Sus manifestaciones externas. Reacciones exotérmicas y reacciones endotérmicas

El octazufre y el hierro son sustancias puras. Polvo de la primera y limallas de la segunda pueden mezclarse a temperatura y presión estándar ambiente sin que se forme una nueva sustancia. Ambas conservan sus propiedades en la mezcla formada, por lo que pueden separarse con un imán, basándose en las propiedades magnéticas que tiene el hierro (fig. 1.43). Esta es otra operación (imantación) que puede emplearse para separar mezclas de sustancias.



Fig. 1.43 Operación de imantación



Fig. 1.44 Reacción química entre el octazufre y el hierro

Si esta mezcla de sustancias se calienta intensamente (fig. 1.44) se podrá observar la formación de un sólido de color negro que no tiene propiedades magnéticas. Por tanto, las dos sustancias se han transformado en otra con nuevas propiedades (sulfuro de hierro II). Ha ocurrido una reacción química.

Constantemente tienen lugar numerosas reacciones químicas, muchas de ellas a nuestro alrededor y en el organismo humano. Unas suceden a temperatura ambiente, como la decoloración de tejidos (por ejemplo, con lejía) y del pelo (con una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno, mal llamada “agua oxigenada”), la fermentación de la leche, la maduración de frutas, viandas y vegetales, el revelado de fotos y la corrosión de los metales y las aleaciones, que causa grandes daños económicos.

Otras reacciones químicas ocurren a temperaturas superiores al ambiente, por lo cual es necesario calentar las sustancias que participan en la reacción química. Ejemplo de estas son la extracción de metales a partir de sus minerales y las reacciones de combustión, por ejemplo, cuando se enciende una cocina de gas y se quema algún objeto.

También en el cuerpo humano y en el de los animales se llevan a cabo diversas y complejas reacciones químicas, como las que acontecen durante el proceso de la respiración. En una de ellas la glucosa presente en la sangre reacciona con el dióxigeno que se inhala o inspira del aire, formando agua y dióxido de carbono.

Asimismo, en las plantas, que son organismos con clorofila, ocurren reacciones químicas como, por ejemplo, la fotosíntesis, en la que el dióxido de carbono del aire y el agua que toman por las raíces se transforman, por la acción de la energía solar, en dióxigeno y glucosa, fundamentalmente.

En realidad, los procesos vitales son, en esencia, reacciones químicas numerosas y de cierto grado de complejidad. También en la litosfera, en la formación del relieve, se producen reacciones químicas.

En todas las reacciones químicas descritas las sustancias que se forman tienen propiedades diferentes a las sustancias iniciales o de partida.



Importante

Una reacción química es la transformación de una o más sustancias en otra u otras con propiedades diferentes a las sustancias que reaccionaron.

La transformación de una o más sustancias en otra u otras en una reacción química da lugar a que, de modo general, se observen o se perciban manifestaciones externas que lo confirman, pues las nuevas sustancias que se originan tienen propiedades diferentes a las iniciales.

! Importante

Entre las manifestaciones que permiten predecir la ocurrencia de una reacción química se encuentran el cambio de coloración y de temperatura, por el desprendimiento o absorción de energía mediante luz y calor, así como la formación o desaparición de un sólido, un líquido o un gas (fig. 1.45).



Fig. 1.45 Manifestaciones que permiten predecir la ocurrencia de una reacción química

Sin embargo, a veces ocurre una de estas manifestaciones y no tiene lugar una reacción química, sino un fenómeno físico. Una sustancia puede reducirse a polvo o fundirse y volver a su estado inicial, pero en estos cambios, denominados fenómenos físicos, la sustancia sigue siendo la misma. Por ejemplo, al derretirse el hielo, destapar un refresco, echarle café o chocolate a la leche, enfriar o calentar el agua y encender una bombilla o tubo de luz fría.

! Importante

Lo que realmente asevera que ha ocurrido una reacción química es el cambio de una o unas sustancias en otras con nuevas propiedades.

En todas las reacciones químicas se desprende o se absorbe energía mediante luz y calor, es decir, siempre hay variación de energía de esta manera cuando una o más sustancias se transforman en otra u otras.

La Química no solo se ocupa de las sustancias y las reacciones químicas en que estas participan, sino también de la energía involucrada en ellas.

La energía que se desprende durante las reacciones químicas se utiliza ampliamente con distintos fines. Por ejemplo, se aprovecha la energía eléctrica que produce la reacción química que ocurre en las pilas electroquímicas para el funcionamiento de linternas, radios, relojes, calculadoras, grabadoras y televisores portátiles; la energía luminosa que origina la combustión de una vela y de un quinqué de luz brillante o queroseno para alumbrarse; la energía calorífica que se desprende en la combustión del petróleo y algunos de sus derivados para la producción de corriente eléctrica, la calefacción, la realización de procesos industriales, entre otros.

Igualmente, es muy empleada la energía mediante luz y calor que produce la combustión del carbón, el queroseno, el gas de la calle y el gas licuado o de balón para cocinar los alimentos.

Además, los vehículos automotores funcionan gracias a la producción de electricidad por las reacciones químicas que suceden en los acumuladores y a la combustión del petróleo, de la gasolina o del *fuel-oil*. Sin la combustión de combustibles especiales no hubiera sido posible que el ser humano viajara por el cosmos y llegara a la Luna.



Importante

Teniendo en cuenta la energía desprendida o absorbida mediante calor en las reacciones químicas, estas se clasifican en reacciones exotérmicas y reacciones endotérmicas, respectivamente. Los prefijos "exo" y "endo" significan hacia fuera y hacia dentro, en ese orden.

Ejemplos de *reacciones exotérmicas* son las de combustión, la que tiene lugar durante la respiración y la corrosión de metales. Debe tenerse en cuenta que a muchas reacciones exotérmicas es necesario suministrarle energía mediante calor para que comiencen, como sucede con las de combustión. En la figura 1.46 se muestra fotos de reacciones químicas exotérmicas.



Fig. 1.46 Reacciones exotérmicas que ocurren a diferentes velocidades:
a) lenta; b) violenta; c) explosiva

Entre las *reacciones endotérmicas* se encuentran la fotosíntesis y la descomposición térmica de la caliza en cal viva y dióxido de carbono. Otra reacción endotérmica es aquella que ocurre entre hidróxido de bario y tiocianato de amonio (figura 1.47): (1) se añade agua sobre el madero; (2) se mezclan las dos sustancias en el vaso de precipitados que se encuentra encima del madero; (3) se agita la mezcla para aumentar la velocidad de la reacción química; (4) el vaso de precipitados queda pegado al madero por el agua congelada.

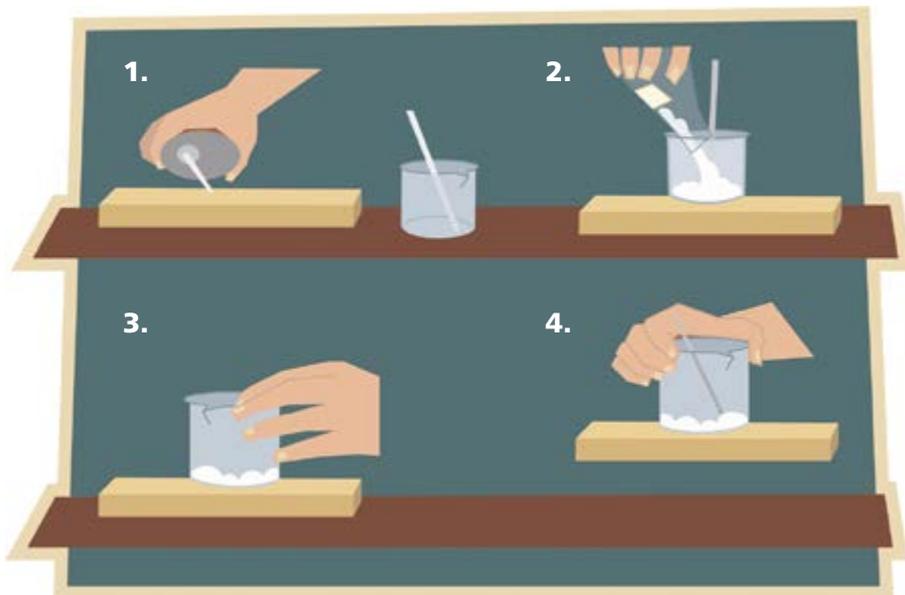


Fig. 1.47 Reacción endotérmica entre hidróxido de bario y tiocianato de amonio



Importante

La energía desprendida o absorbida mediante calor en las reacciones químicas, a presión constante, se representa internacionalmente con un símbolo: ΔH .

En la práctica se le asocia valores positivos o negativos indicando si la reacción es endotérmica o exotérmica. De forma convencional se ha adoptado el criterio siguiente:

- ▶ Si la reacción es exotérmica: ΔH es negativo o menor que cero ($\Delta H < 0$).
- ▶ Si la reacción es endotérmica: ΔH es positivo o mayor que cero ($\Delta H > 0$).



Conoce un poco más

Reacciones químicas que emiten luz

La reacción química en la que la energía no se emite mediante calor sino de luz se le conoce como *quimioluminiscente* (fig.1.48).



Fig. 1.48 La quimioluminiscencia: un fenómeno químico

Cuando este fenómeno se produce en la naturaleza se le denomina bioluminiscencia. Algunas especies de peces, medusas, insectos, hongos, algas y bacterias producen proteínas que al reaccionar con el dióxígeno son capaces de convertir la energía en luz. Estas proteínas se les conocen como luciferinas, y están formadas por moléculas de diferente tamaño y estructura química.

Se considera al luminol la sustancia quimioluminiscente (fig. 1.49) mundialmente conocida, debido a que se muestra en diversos seriales policíacos para determinar trazas de sangre, que son inapreciables a simple vista. Esta sustancia en presencia de dióxígeno reacciona con los átomos de hierro, presentes en la hemoglobina de la sangre, emitiendo una luz azul visible en un lugar oscuro, la cual permanece presente unos 30 segundos.



Fig. 1.49 El luminol: una sustancia luminiscente

Varios fenómenos en la naturaleza son producto de la presencia de las reacciones quimio luminiscentes (fig.1.50).



Fig. 1.50 Diferentes fenómenos en que ocurren reacciones quimioluminiscentes

Para ampliar los conocimientos acerca de este tema, se sugiere observar los videos con las direcciones electrónicas o *link* siguientes:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZALMJMUI7vk> ¿Cómo hacer luz líquida? Quimioluminiscencia.

<https://www.youtube.com/watch?v=UEBhdlnrFZI> Haciendo un sol de fósforo. Experimento increíble.

Comprueba lo aprendido

1.39 Define los conceptos siguientes: reacción química, reacción química exotérmica y reacción química endotérmica.

1.40 Selecciona la afirmación más completa y argumenta tu respuesta.

- En las reacciones químicas se desprende o absorbe energía mediante calor.
- En las reacciones químicas una o más sustancias se transforman en otra u otras.
- En las reacciones químicas una o más sustancias se transforman en otra u otras y estas últimas tienen propiedades diferentes a las que reaccionaron.

1.41 En las reacciones químicas una o más sustancias se transforman en otra u otras, cuyas propiedades son distintas a las sustancias que las

originaron, y ocurre un desprendimiento o una absorción de energía mediante luz y calor.

Di si ocurre una reacción química cuando:

- se destila petróleo;
- se extrae guarapo de la caña de azúcar;
- se enciende un cigarrillo;
- una muestra de azúcar se descompone térmicamente;
- la superficie ennegrecida de un objeto de plata toma un aspecto brillante al limpiarla con una disolución acuosa de hidrogeno carbonato de sodio (conocido como bicarbonato de sodio). Considera que en esta operación de limpieza se producen burbujas que caracterizan el desprendimiento de un gas.

Argumenta tus respuestas.

1.42 Menciona tres reacciones químicas que ocurren en la vida diaria, ya sea en la naturaleza, el hogar o la industria.

1.43 La utilización de la energía que se desprende en las reacciones químicas tiene gran importancia para el ser humano. Argumenta.

1.44 ¿Cómo se clasifican las reacciones químicas de acuerdo con el desprendimiento o la absorción de energía mediante calor? Define cada una de ellas y cita dos ejemplos de cada caso.

1.45 ¿En cuál de los experimentos siguientes se forma una mezcla y en cuál ocurre una reacción química? Argumenta.

- Experimento 1: a una muestra líquida incolora se le añade un sólido blanco, al agitarlo se logra un sistema homogéneo y al calentarlo hasta su temperatura de ebullición esta no permanece constante en un intervalo de tiempo dado y se desprende un gas quedando el sólido en el recipiente.
- Experimento 2: al calentar una muestra de una sustancia sólida anaranjada, esta se descompone en un sólido verde y dos gases, desprendiéndose gran cantidad de energía mediante luz y calor.

1.46 ¿Ocurre una reacción química cuando se decanta, se filtra, se vaporiza o se destila una mezcla? ¿Por qué?

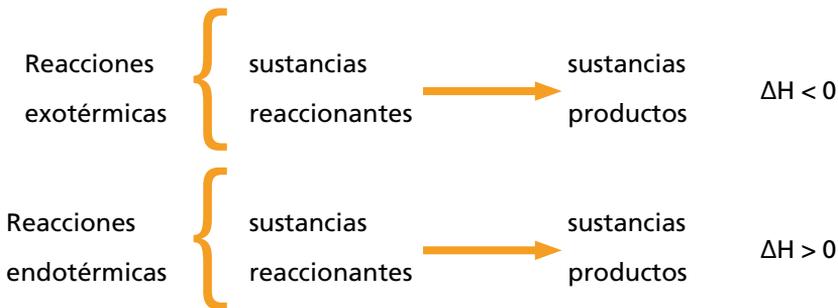
1.3.2 Representación de las reacciones químicas mediante esquemas con palabras

Como en las reacciones químicas unas sustancias se transforman en otras se puede inferir que en ellas unas sustancias reaccionan y otras se producen.

Importante

Las sustancias reaccionantes son las que existen antes de iniciar la reacción química. Las sustancias productos son las que resultan de la ocurrencia de la reacción química. Por tanto, en las reacciones químicas las sustancias reaccionantes se transforman en las sustancias productos con variación de energía mediante calor.

De acuerdo con todo lo anterior, las reacciones químicas se pueden representar, haciendo uso de nuestro idioma materno, como se muestra a continuación:



Importante

En la representación de una reacción química mediante esquemas con palabras la saeta indica el sentido en que se realiza la reacción química, o sea, en que se transforman unas sustancias en otras: las reaccionantes en productos. Si las sustancias reaccionantes o los productos son varias, entre sus nombres se escribe un signo positivo (+).

Teniendo en cuenta lo expuesto, una de las reacciones químicas descritas que ocurre durante el proceso de respiración en los seres humanos y los animales, que es exotérmica, se puede representar primero así:

Glucosa **reacciona con** dióxígeno **produciendo** dióxido de carbono **y** agua, **desprendiéndose** energía mediante calor.

Lo expresado puede representarse mediante un esquema con palabras de una forma más abreviada como sigue:

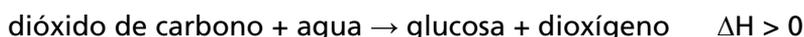


En este caso, se sustituyeron el término **reacciona con**, así como la conjunción **y** por un signo más (+), la palabra **produce** por la **saeta** y la expresión **desprendiéndose energía mediante calor** por $\Delta H < 0$.

De forma análoga se puede representar la fotosíntesis, que es una reacción endotérmica, inicialmente así:

Dióxido de carbono **reacciona con** agua **produciendo**
glucosa **y** dioxígeno, **absorbiéndose energía mediante calor**.

Al igual que en el caso anterior, para representar esta reacción química mediante un esquema con palabras se utilizan los nombres de las sustancias que reaccionan y se producen y los mismos símbolos (+, \rightarrow y ΔH), este último mayor que cero, pues la reacción química es endotérmica. En otras palabras, tales símbolos sustituyen el término, la conjunción y la expresión mencionados.



Comprueba lo aprendido

1.47 ¿Qué es un esquema con palabras de una reacción química?

1.48 ¿Cuáles son las sustancias reaccionantes y las sustancias productos en una reacción química?

1.49 ¿Qué símbolos se utilizan en la representación de cualquier reacción química mediante un esquema con palabras y qué significado tiene cada uno?

1.50 Representa esquemáticamente con palabras las reacciones químicas que se mencionan a continuación:

a) entre el octazufre y el hierro formando sulfuro de hierro (II) con desprendimiento de energía mediante calor;

- b) la descomposición térmica del carbonato de calcio en óxido de calcio y dióxido de carbono con absorción de energía mediante calor;
- c) la corrosión de un objeto de hierro a la intemperie, proceso en el que este metal, por la acción del dioxígeno, del dióxido de carbono y del agua (en forma de vapor), presentes en el aire, se cubre de una capa áspera de color carmelita, lo cual evidencia que se transformó en otra sustancia: óxido de hierro (III), desprendiéndose energía mediante calor;
- d) la combustión que tiene lugar en transportes automotores, en los que el combustible utilizado es un hidrocarburo, como la gasolina y el petróleo, que al reaccionar con el dioxígeno produce dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua, en estado de agregación gaseoso.

1.3.3 Comparación entre sustancia pura y mezcla de sustancias

Entre las sustancias puras y las mezclas de sustancias hay diferencias. Como se sabe, una sustancia pura no está mezclada con otra u otras y posee propiedades constantes a una temperatura y presión determinadas o a una de estas dos magnitudes físicas, mientras que, en una mezcla de sustancias, sea homogénea o heterogénea, dos o más sustancias están unidas, sin que ocurra la transformación de estas en otras sustancias.

También entre las sustancias puras y las mezclas existen semejanzas. Una muestra de cada una puede tener el mismo estado de agregación, color, olor, solubilidad en agua u otro disolvente, conductividad eléctrica y térmica, o solo algunas de ellas. De manera que, si se observa una muestra de sustancia, desde el punto de vista externo no se puede afirmar con total seguridad si es una sustancia pura o una mezcla homogénea de sustancias.

Por ejemplo, el vidrio, el polietileno, el policloruro de vinilo o polivinilcloruro (PVC), el cemento, las aguas naturales, los plaguicidas, los perfumes, las aleaciones, las bebidas alcohólicas, el vinagre, la lejía, el sal-fumante, aromatizantes, entre muchas más, son mezclas homogéneas de sustancias; sin embargo, según su composición externa se podría aseverar, erróneamente, que son sustancias puras, es decir, que no están mezcladas con otras. En estos y otros numerosos casos, los componentes que las forman no se distinguen a simple vista.

Por tanto, lo externo de las sustancias, como son algunas de sus propiedades físicas, que corresponden al macromundo, no son suficientes para

llegar a tal conclusión. Claro está, en tales casos se puede acudir a otras propiedades físicas, como son la densidad y las temperaturas de fusión y de ebullición para diferenciarlas.

! Importante

El aspecto externo es el conjunto de propiedades o características de un objeto, fenómeno o proceso que se perciben mediante los órganos de los sentidos.

En las sustancias también se ha podido constatar su aspecto interno, es decir, el micromundo de las partículas que la forman.

! Importante

La diferencia esencial entre una sustancia pura y una mezcla de sustancias radica en lo interno, en la estructura química de estas (el micromundo), pues todas están compuestas por partículas, sumamente pequeñas, que no se observan a simple vista, pero se sabe que existen y que interactúan entre sí.

En la figura 1.51 se muestra el aspecto interno de tres tipos de sustancias y de sus respectivas mezclas. Observa que las partículas que forman cada sustancia no son las mismas que constituyen las mezclas.

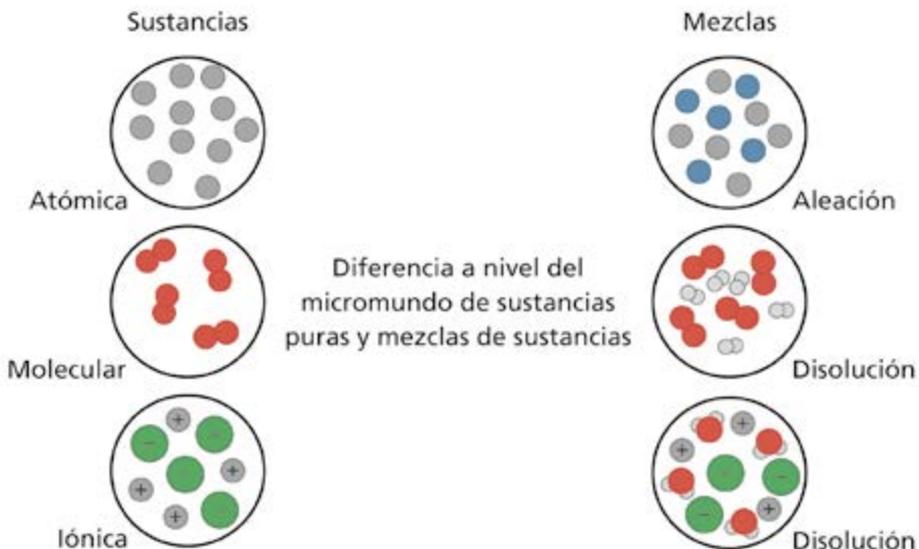


Fig. 1.51 Representación de sustancias puras y mezclas de sustancias



Importante

Los conocimientos empíricos que se obtienen por el aspecto externo de las sustancias y de las reacciones químicas, son el punto de partida para la adquisición de conocimientos teóricos, o sea, del aspecto interno de estas, que son elaborados por los seres humanos. Y estos últimos sirven para explicar los primeros. Por eso se puede afirmar que la química es una ciencia teórico-experimental que estudia lo externo y lo interno de las sustancias y sus transformaciones.

Comprueba lo aprendido

1.51 ¿Cuál es la diferencia esencial entre una sustancia pura y una mezcla de sustancias?

1.52 Haz un cuadro o una tabla en el que compares (establezcas semejanzas y diferencias) entre lo interno y lo externo de una sustancia pura y una mezcla de sustancias.

1.3.4 Comparación entre mezcla de sustancias y reacción química

Teniendo en cuenta sus definiciones, entre una mezcla de sustancias y una reacción química existe una gran diferencia, pues en esta última, a diferencia de la primera, una o más sustancias se transforman en otra u otras, desprendiéndose o absorbiéndose energía mediante luz y calor.

Lo anterior se evidencia al considerar el macromundo, es decir, las manifestaciones externas que permiten predecir la ocurrencia o no de una reacción química, tales como cambio de coloración, formación o desaparición de un sólido, un líquido o un gas y desprendimiento o absorción de energía mediante luz y calor. Por supuesto, el hecho de que ocurra una o varias de estas manifestaciones no significa que ha tenido lugar una reacción química.



Importante

La diferencia esencial entre una mezcla de sustancias y una reacción química se halla también en lo interno, en el micromundo de estos fenómenos.

Resumen y ejercicios

1.56 Menciona cinco aplicaciones de la química en la solución de problemas esenciales para la vida humana.

1.57 El wolframio, el aluminio, el plomo y el estaño son metales dúctiles, maleables y duros, excepto el plomo que es blando y muy tóxico.

- Haz una tabla con los valores de densidad y temperatura de fusión de estas sustancias (Apéndice 3).
- ¿Cuál de los metales mencionados se debe utilizar: en la fabricación de utensilios domésticos, barcos y aviones, en soldadura; como filamento en las lámparas eléctricas de incandescencia; en las imprentas y para grabar inscripciones?
- ¿En qué propiedades de cada uno de estos metales se basan sus aplicaciones?
- ¿A qué se debieron los numerosos casos de enfermedad (saturnismo) e incluso de muerte que ocurrieron en la antigüedad, en Roma, cuando se instalaron tuberías de plomo en el acueducto?
- Entre esos metales y el galio, cuya temperatura de fusión es $29,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ¿cuál se podría emplear para clasificar, como calurosos, los días de verano en un país frío? ¿Por qué?

1.58 El agua es imprescindible para la vida en el planeta Tierra:

- Argumenta esa información.
- ¿Cuáles son sus temperaturas de fusión y de ebullición a 100 kPa?
- ¿Por qué el agua líquida no se encuentra pura en estado natural, sino formando disoluciones?
- Cita tres ejemplos de disoluciones naturales.

1.59 A continuación, se listan sustancias puras y mezclas de sustancias:

- | | |
|------------|----------------|
| a) cobre | f) agua |
| b) etanol | g) ron |
| c) vinagre | h) sacarosa |
| d) leche | i) mantequilla |
| e) papel | j) jabón |

- k) aire
 - l) dióxido de carbono
 - m) sangre
 - n) champú
 - o) pintura
 - p) gas licuado de balón
 - q) cuarzo (mineral)
 - r) pasta dental
- I) Clasifícalas en sustancia pura y mezcla de sustancias.
- II) Señala las mezclas homogéneas y las mezclas heterogéneas de sustancias.
- III) De todas las mezclas de sustancias, ¿cuáles son disoluciones?
- IV) Clasifica las disoluciones en sólidas, líquidas y gaseosas.

1.60 Se tienen dos muestras. Una es un líquido transparente, tóxico e inflamable, y la otra un sólido homogéneo. El líquido hierve a una determinada temperatura y el sólido funde en un intervalo muy grande de temperatura.

- a) ¿Esas muestras son sustancias puras o mezclas de sustancias? Argumenta.
- b) ¿Las muestras son o no disoluciones? Argumenta.
- c) ¿Cómo procederías para tomar, del recipiente en el que está envasado, una muestra de 5 mL del líquido y calentarla en un tubo de ensayos con un mechero de alcohol?

1.61 Confecciona y llena en tu libreta el cuadro que se ofrece a continuación:

Operación	Ejemplo	¿En qué consiste?	Propiedades de los componentes de la mezcla en que se basa su separación
Decantación			
Filtración			
Vaporización			
Destilación			

- a) ¿Cuáles de estas operaciones de laboratorio se hacen en tu hogar durante la preparación de alimentos? Ejemplifica.
- b) Cita dos ejemplos de la aplicación de cada una de estas operaciones de laboratorio en la industria.

1.62 En el laboratorio hay una gradilla con cinco tubos de ensayos que contienen las muestras siguientes: 10 mL de agua; 10 mL de etanol; 10 mL de benceno; 15 mL de agua y 5 mL de etanol; 15 mL de agua y 5 mL de benceno.

Se sabe que el agua, el etanol y el benceno son líquidos incoloros muy empleados en la preparación de disoluciones, así como que el etanol es soluble en agua, mientras que el benceno es prácticamente insoluble en agua, menos denso que esta, volátil y tóxico.

- Clasifica el contenido de cada tubo de ensayos en sustancia pura y mezcla de sustancias.
- ¿Cuál o cuáles de las mezclas de sustancias es una disolución? Argumenta.
- Clasifica la disolución o las disoluciones según su estado de agregación. Nombra el soluto y el disolvente.
- Confecciona una tabla, como la 1.1 del epígrafe 1.2, con todos los datos que conozcas de las sustancias puras. Menciona dos semejanzas y dos diferencias entre estas.
- Si dispones de un termómetro, un mechero de alcohol y una pinza para tubo de ensayos, ¿cómo procederías para identificar el contenido de cada uno de estos?
- ¿Qué sustancia pura emplearías como disolvente para preparar medicamentos y bebidas alcohólicas: el etanol o el metanol? Investiga y argumenta.

1.63 En un vaso de precipitados hay 5 mL de agua, 5 mL de gasolina (prácticamente insoluble en la sustancia anterior y menos densa que esta) y una pequeña cantidad de tiza en polvo que se mantiene un tiempo prolongado en suspensión.

- ¿Cómo separarías los componentes de esta mezcla?
- Menciona los útiles de laboratorio que utilizarías.
- Representa lo descrito mediante un diagrama de flujo. Considera que se desea recoger el agua.
- ¿En qué propiedades de los componentes de las mezclas de sustancias te basaste para separarlas?

1.64 Un vaso de precipitados contiene una mezcla de agua y una sustancia sólida prácticamente insoluble en este excelente disolvente, la cual se encuentra en el fondo del recipiente. Si se le añade una sal soluble en agua y de alta temperatura de fusión:

- ¿Qué operaciones deben llevarse a cabo y en qué orden para recoger la sal?
- Menciona los útiles de laboratorio que utilizarías.
- Representa lo descrito mediante un diagrama de flujo. Considera que se desea recoger la sal.
- ¿En qué propiedades de los componentes de las mezclas de sustancias te basaste para separarlas?

1.65 ¿Qué harías para recoger agua pura a partir de una mezcla de agua, serrín y cloruro de calcio (soluble en agua)?

- Menciona los útiles de laboratorio que utilizarías.
- Representa lo descrito mediante un diagrama de flujo.
- ¿En qué propiedades de los componentes de la mezcla de sustancias te basaste para separarlas?

1.66 Acerca del agua, en sentido general, responde:

- ¿Cómo se puede demostrar experimentalmente que el agua del acueducto (potable) no es pura?
- ¿Para qué es necesario potabilizar el agua?
- ¿Cuál es la diferencia esencial entre el agua del acueducto y el agua destilada?
- ¿Por qué el agua destilada y la que cae en forma de lluvia o de nieve, no deben tomarse sistemáticamente?
- En las casas se emplea, usualmente, un recipiente metálico para calentar o hervir el agua del acueducto. ¿Qué se observa en el fondo y las paredes de esa vasija con el transcurso del tiempo? Argumenta.
- Las capas de rocas en la corteza terrestre sirven de filtro natural a las aguas que penetran al subsuelo. ¿Pueden considerarse “puras” las aguas subterráneas? Argumenta.
- ¿Por qué no es aconsejable utilizar agua del acueducto en los acumuladores de transportes automotores y para la preparación de medicamentos?

1.67 En un laboratorio se realizan dos experimentos tomándose todas las precauciones posibles por cuanto una de las sustancias es muy venenosa. En el primero se obtiene un polvo de color verde, llamado óxido de cromo (III), dinitrógeno y agua en esta-

do gaseoso al calentar un sólido de color naranja (dicromato de amonio). En el segundo se añade la sustancia de color verde en agua, se agita y se observa que las partículas de este sólido se depositan en el fondo del recipiente, mientras el agua permanece incolora.

- a) ¿En cuál de estos experimentos ocurrió una reacción química y en cuál una mezcla de sustancias? Argumenta en cada caso.
- b) Clasifica la sustancia de color verde según su solubilidad.
- c) ¿Cómo se pueden separar los componentes de la mezcla señalada?
- d) Representa ese proceso con un diagrama de flujo si se quiere recoger el sólido de color verde.
- e) ¿Cómo se denomina la reacción química que tuvo lugar, en la que se desprende gran cantidad de energía mediante calor y luz?
- f) Representa esta reacción química con un esquema con palabras.
- g) Señala las sustancias reaccionantes y las sustancias productos en dicha reacción química.

1.68 El cobre es dúctil, maleable, buen conductor del calor y de la electricidad, y forma aleaciones con varios metales (tabla 1.2):

Tabla 1.2 Algunas propiedades de varias aleaciones de cobre

Aleación	Propiedades
Bronce (cobre y estaño)	Duro y resistente a la corrosión
Latón (cobre y zinc)	Más duro que el cobre
Cuproníquel (cobre y níquel)	Ligero, duro, color plateado, resistente al calor y a la corrosión del agua de mar
Duraluminio o dural (cobre, aluminio, manganeso y magnesio)	Muy ligero y resistente a la corrosión
Cobre y berilio	Gran dureza y flexibilidad
Oro de 18 quilates (oro, cobre y plata)	Más duro que el oro puro

Teniendo en cuenta todos los datos anteriores, di:

- a) Cuando el hombre primitivo descubrió el bronce, utilizó este en lugar del cobre para la fabricación de armas y herramientas. Argumenta.
- b) ¿Cuál de las aleaciones mencionadas se emplea:
 - ▶ en la fabricación de muelles;
 - ▶ para hacer herramientas, estatuas, adornos, armas, medallas;
 - ▶ en plomería, la fabricación de tubos, armas, instrumentos musicales;
 - ▶ en joyería;
 - ▶ en la construcción de transportes aéreos;
 - ▶ en la fabricación de intercambiadores de calor, de monedas y de utensilios de uso marino, como propulsores y cigüeñales.
- c) ¿En qué propiedades de las aleaciones se basan sus propiedades?
- d) Menciona otro uso del cobre y relaciónalo con la propiedad correspondiente.

1.69 Si a un vaso de precipitados con agua se le añaden granallas de cobre, estas se depositan inmediatamente en el fondo. Sin embargo, cuando este metal se combina con el dióxigeno, el dióxido de carbón y el vapor de agua, presentes en el aire, se forma un polvo de color verde, denominado carbonato básico de cobre (II), que es venenoso, y se desprende energía calorífica.

- a) ¿En qué caso ocurrió una mezcla de sustancias y en cuál una reacción química? Argumenta.
- b) Escribe un esquema con palabras de la reacción química y señala las sustancias reaccionantes y las sustancias productos.
- c) Clasifica la reacción química de acuerdo con el desprendimiento o absorción de energía calorífica.
- d) ¿Crees que sería recomendable utilizar el cobre en la fabricación de latas de conservas? Argumenta.

1.70 Investiga cuáles operaciones utilizaba el ser humano en épocas remotas para la obtención de etanol y cómo se realizaban ¿Por qué la ingestión de esta sustancia es tan dañina al ser humano? Argumenta con tres razones.

CAPÍTULO 2

El dióxígeno, sustancia indispensable para la vida

En este capítulo estudiarás una de las sustancias más importantes para la vida en la Tierra: el dióxígeno. Este y el agua constituyen sustancias vitales para muchas especies en la Tierra, incluyendo al ser humano.

Esta sustancia representa más de la quinta parte de la atmósfera del planeta; es responsable de fenómenos trascendentes, tales como el proceso de la respiración de los organismos vivos y la combustión de sustancias y de mezclas de estas, otro fenómeno que permite la existencia de las sociedades modernas.

Es tan importante el dióxígeno para la vida, que al ser humano le sería imposible vivir sin él, si dejara de respirar tan solo varios minutos.

El dióxígeno tiene diversas aplicaciones en la vida moderna como comburente, en la obtención de nuevas sustancias, en diversos tratamientos médicos y en múltiples procesos industriales.

La sustancia dióxígeno está formada por muchas moléculas, cada una constituida por dos átomos de oxígeno. Este tipo de átomo es el componente mayoritario de la masa de los seres vivos, y se encuentra en ellos formando parte de las proteínas, carbohidratos y lípidos, así como de las principales sustancias inorgánicas constituyentes de los caparazones, los dientes y los huesos de animales, etcétera.

En un camino de lo particular a lo general aprenderás conceptos que son fundamentales para tu estudio de la química como una ciencia teórico-experimental. Podrás dar respuesta a un grupo de preguntas interesantes relacionadas con el dióxígeno, tales como:

- ▶ ¿Qué importancia tienen el dióxígeno y el trióxígeno (ozono) para la vida del planeta Tierra?
- ▶ ¿Qué es un elemento químico?
- ▶ ¿Cómo se clasifican las sustancias según su composición química y sus propiedades?

- ▶ ¿Por qué una gran cantidad de sustancias inorgánicas y orgánicas arden en atmósfera de dióxígeno?
- ▶ ¿Qué importancia tiene el dióxígeno en la salud ambiental?
- ▶ ¿Qué relación existe entre las propiedades del dióxígeno y sus aplicaciones?

2.1 El dióxígeno y el oxígeno

Los términos dióxígeno y oxígeno tienen cierta semejanza en su escritura, pero en la actualidad se utilizan con significados distintos. En esta subunidad aprenderás la diferencia entre ambos conceptos a partir de la teoría atómica y la teoría electrónica. Estudiarás el aspecto externo de la sustancia dióxígeno mediante sus propiedades físicas y penetrarás en el hermoso mundo del aspecto interno de ella, con el estudio del tipo de átomo que la compone, introduciéndote de esta manera en el micromundo.

¿? ¿Sabías que...?

La palabra oxígeno viene del griego *oxys* = ácido, y *genos* = generar, es decir, generador de ácido, al creer, incorrectamente, que todos los ácidos requerían oxígeno para su composición química. Hoy se sabe que no es así y además se diferencia entre el término dióxígeno y oxígeno.

2.1.1 El dióxígeno. Sus propiedades físicas

El dióxígeno, comúnmente llamado gas oxígeno, es la sustancia más abundante de la tierra, se halla en el aire mezclado con otros gases y constituye más de la quinta parte de la atmósfera de la Tierra, solo superado por el dinitrógeno (fig. 2.1).

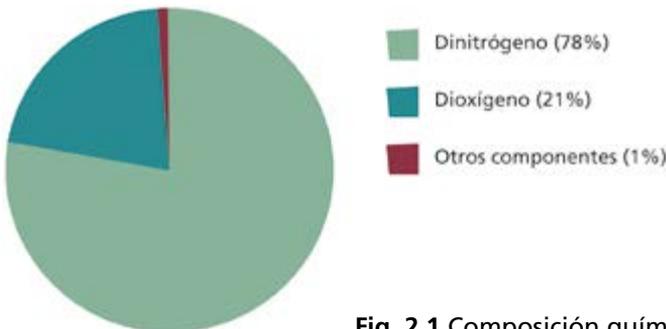


Fig. 2.1 Composición química del aire

En condiciones ambientales, el dióxígeno es un gas incoloro, inodoro e insípido y poco soluble en agua. Tiene una temperatura de fusión de $-219\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una temperatura de ebullición de $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su densidad a TPEA es de $1,43\text{ g/mL}$, algo más denso que el aire.

El dióxígeno, a pesar de ser poco soluble en agua, satisface las necesidades respiratorias de los peces mediante las branquias (fig. 2.2).



Fig. 2.2 Los peces en su hábitat



De la historia

El dióxígeno fue descubierto por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) en 1773 (fig. 2.3). Sin embargo, el honor suele adjudicarse a su colega británico, Joseph Priestley (1732-1804), quien en 1774 publicó su descubrimiento (fig. 2.4). Más tarde, el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794), considerado el creador de la química moderna (fig. 2.5) fue quien le dio el nombre de "oxígeno", en 1777, cuando realizaba diferentes investigaciones acerca de la descomposición del agua y los fenómenos de la combustión.



Fig. 2.3

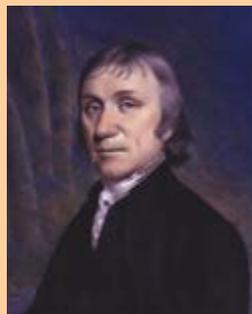


Fig. 2.4



Fig. 2.5

Comprueba lo aprendido

- 2.1 Confecciona en tu libreta una tabla o un cuadro resumen con las propiedades físicas del dióxigeno.
- 2.2 Se conoce que la solubilidad de los gases disminuye a altas temperaturas. Si se deja enfriar agua hasta la temperatura ambiente, ¿la utilizarías si tuvieras que habilitar una pecera? Argumenta.
- 2.3 ¿En qué estado de agregación se encuentra el dióxigeno a $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$?

2.1.2 El átomo de oxígeno. Estructura del átomo. Niveles de energía

El dióxigeno es una sustancia formada por moléculas diatómicas, es decir, cada molécula está constituida por dos átomos de oxígeno. Los átomos tienen estructuras complejas, constituidas por varias partículas subatómicas, las que difieren entre sí en número y distribución en los distintos tipos de átomos.

Cada átomo se compone de una estructura general formada por un núcleo y una envoltura electrónica. En el núcleo se encuentran protones (p^+) y neutrones (n), mientras que en la envoltura se haya uno o más electrones (e^-). La cantidad de neutrones es, en muchos casos, igual o mayor que la de protones.

¿Sabías que...?



Fig. 2.6

En 1932, el físico inglés James Chadwick (fig. 2.6) descubrió con sus experimentos la presencia de una tercera partícula subatómica, además de los protones y los electrones, que no poseía carga y cuya masa era semejante a la del protón. Por sus características se le denominó neutrón. Con el desarrollo de la tecnología en la actualidad el ser humano ha sido capaz de conocer la existencia de otras muchas partículas subatómicas.

La carga eléctrica de los protones es positiva y la de los electrones negativa, en tanto los neutrones no tienen carga.

! Importante

El número de electrones en la envoltura de un átomo es igual que el de protones en su núcleo, por lo que el átomo es eléctricamente neutro.

La envoltura electrónica del átomo es la región que rodea al núcleo y, aproximadamente, 100 000 veces mayor que este. En ella se mueven los electrones formando una "nube" de cargas negativas (fig. 2.7). El núcleo, a pesar de ser muy pequeño con respecto a la envoltura, concentra casi toda la masa del átomo.

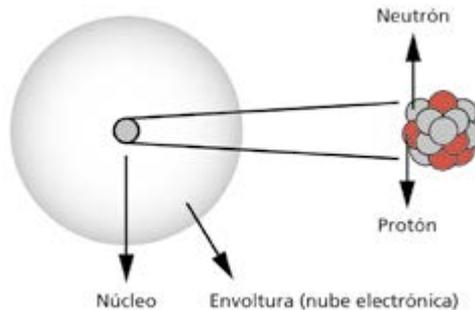


Fig. 2.7 Estructura general de un átomo

Todos los átomos de oxígeno tienen en su núcleo 8 protones (8p) y 8, 9 o 10 neutrones (8n, 9n y 10n), como aparece en la representación de tres núcleos de este tipo de átomo (fig. 2.8).



Fig. 2.8 Composición del núcleo de los átomos de oxígeno

La distribución de los electrones alrededor del núcleo está determinada, fundamentalmente, por su energía. Los electrones de menor energía se encuentran más cerca del núcleo y los de mayores energías más alejados de este, en distintas capas o niveles de energía (fig. 2.9).

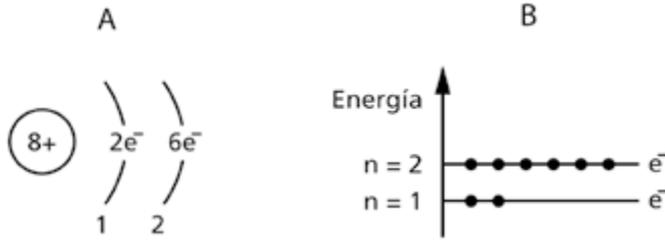


Fig. 2.9 Dos formas de representar la distribución electrónica de los átomos de oxígeno

A cada uno de estos niveles se les designa con la letra n y los valores que puede tomar son 1, 2, 3, hasta 7. Corresponde 1 al nivel de energía más próximo al núcleo, 2 al nivel inmediato (como se muestra en la figura 2.9) y así sucesivamente. De igual forma se puede observar el número de protones en el núcleo y de electrones en cada nivel de su envoltura electrónica. Hay la misma cantidad total de estas partículas subatómicas (8 protones y 8 electrones), razón por la cual el átomo es eléctricamente neutro.



Importante

En los átomos de oxígeno los electrones se distribuyen en dos niveles de energía.

Comprueba lo aprendido

- 2.4** Observa la figura 2.9 y di cuántos electrones tienen los átomos de oxígeno en su segundo y último nivel de energía.
- 2.5** ¿Por qué el átomo es eléctricamente neutro?
- 2.6** Compara la composición de los núcleos de los átomos de oxígeno con los otros representados en la tabla 2.1 en cuanto a la cantidad de:
- niveles de energía;
 - electrones en cada nivel;
 - electrones en el nivel más externo;
 - cantidad de protones en el núcleo.

Tabla 2.1 Representación de la composición de los núcleos y la distribución electrónica de los distintos tipos de átomos de oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, aluminio y carbono

Tipo de átomo	Composición del núcleo			Distribución electrónica
oxígeno	8p 8n	8p 9n	8p 10n	
nitrógeno		7p 7n	7p 8n	
hidrógeno	1p	1p 1n	1p 2n	
aluminio			13p 14n	
carbono	6p 6n	6p 7n	6p 8n	

2.1.3 El oxígeno como elemento químico. Elementos químicos

Si se compara la composición de los núcleos de los átomos representados en la tabla 2.1, se comprobará que la característica fundamental que diferencia a los átomos de oxígeno de los restantes, es el número de protones que hay en su núcleo.



Importante

Al número de protones que hay en el núcleo de un átomo se le llama número atómico y se representa por la letra Z.

Como los protones son partículas subatómicas con carga positiva, y los neutrones no tienen carga eléctrica, entonces el núcleo de cada átomo posee una carga positiva.



Importante

El número de protones en el núcleo de cada átomo determina la carga positiva del núcleo y se le denomina carga nuclear (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Número atómico y carga nuclear de diferentes tipos de átomos

Tipos de átomos	Número de protones	Representación del número atómico	Carga nuclear
oxígeno	8	$Z = 8$	8+
nitrógeno	7	$Z = 7$	7+
hidrógeno	1	$Z = 1$	1+
aluminio	13	$Z = 13$	13+
carbono	6	$Z = 6$	6+

El número de protones en el núcleo determina la carga nuclear, por tanto, el número de electrones en la envoltura es igual al de los protones, porque el átomo es eléctricamente neutro.



Importante

Al conjunto de átomos de igual número atómico se denomina elemento químico.

Hasta el momento se conocen 118 elementos químicos, entre ellos el oxígeno, el nitrógeno, el cobre, el hierro, el hidrógeno y el oro.



Importante

Los átomos de un mismo elemento químico tienen igual número atómico y, por tanto, idéntica carga nuclear.

Los átomos de oxígeno tienen en su núcleo igual número de protones y diferentes números de neutrones.



Importante

Los átomos de igual número de protones y diferente número de neutrones reciben el nombre de *isótopo*.

La mayoría de los elementos químicos son una mezcla de isótopos naturales. En la tabla 2.1 se representan los isótopos de los elementos químicos oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y carbono. Observa que hay elementos químicos, como el aluminio, que no tienen isótopos.



Salud ambiental

Los isótopos de distintos elementos químicos son utilizados en diversas áreas, entre ellas, la medicina. Por ejemplo:

Cobalto-60: en el tratamiento del cáncer porque emite una radiación con más energía que la que emite el radio y es más barato que este (fig.2.10).

Arsénico-73: como trazador para estimar la cantidad de arsénico absorbido por el organismo.

Arsénico-74: en la localización de tumores cerebrales.

Fósforo-32: emite rayos beta y se usa para diagnosticar y tratar enfermedades relacionadas con los huesos y con la médula ósea.



Fig. 2.10 Terapia de cobalto

Comprueba lo aprendido

2.7 Define los conceptos siguientes: número atómico, carga nuclear y elemento químico.

2.8 ¿Cuál de las partículas subatómicas determina el número atómico de un elemento químico:

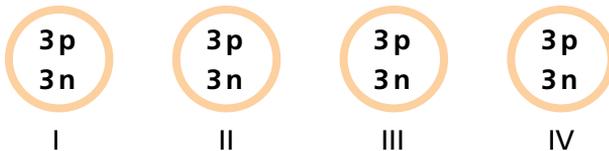
- a) los neutrones,
- b) los electrones,
- c) los protones?

2.9 Completa en tu libreta la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Varios datos de algunos elementos químicos

Elemento químico	Número de protones	Carga nuclear	Número de electrones
cobre		29 ⁺	
carbono	6		
calcio			20

2.10 Dados los núcleos atómicos representados a continuación:



- a) ¿Cuáles pertenecen a un mismo elemento químico? Argumenta.
- b) ¿Cuáles son isótopos? Argumenta.
- c) ¿Cuál es el número atómico de I y de III? Argumenta.
- d) ¿Cuántos electrones presentan I y III en su envoltura atómica? Argumenta.



Conéctate

Analiza el video Estructura atómica en la dirección electrónica o *link* siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=uu7EqSKvQxM>

Los símbolos químicos se forman con una o dos letras, la primera es mayúscula y la segunda, si tiene, es minúscula. A continuación, se presentan ejemplos del primer caso:

Hidrógeno → **H** Carbono → **C** Nitrógeno → **N**

En los elementos químicos que su nombre comienza por la misma letra, se utiliza una segunda letra para diferenciarlo, como los ejemplos que se muestran a continuación:

Calcio → **Ca** Cromo → **Cr** Cloro → **Cl**
 Cadmio → **Cd** Cobalto → **Co**

Los símbolos químicos no siempre coinciden con las letras de su nombre en español. Observa los ejemplos que se ofrecen en la tabla 2.5:

Tabla 2.5 Nombre, símbolo químico y procedencia idiomática de algunos elementos químicos

Nombre en español	Símbolo químico	Nombre de procedencia	Idioma
Azufre	S	Sulphur	Latín
Sodio	Na	Natrium	Latín
Fósforo	P	Phosphoros	Griego
Plata	Ag	Argentum	Latín
Mercurio	Hg	Hidargyros	Griego
Hierro	Fe	Ferrum	Latín

Los símbolos de los elementos químicos conocidos hasta el momento se encuentran ubicados en la Tabla periódica moderna. Esta no es más que la disposición de los elementos químicos en forma de tabla, ordenados en orden creciente de sus números atómicos (número de protones) y por la distribución de sus electrones.

Las filas de la Tabla periódica moderna de los elementos químicos se denominan períodos y las columnas grupos.

¿Sabías que...?

En la actualidad se estima que se han publicado más de 700 versiones de la Tabla periódica moderna de los elementos químicos, pero todas revelan la Ley periódica. En Cuba, el ilustre químico-físico y profesor universitario Rafael Acevedo del Monte elaboró una tabla periódica de los elementos químicos en forma de espiral de un gran valor metodológico. Por su forma estas tablas pueden ser rectangulares, circulares, en forma de espiral, entre otras muchas (fig. 2.11). Algunas de ellas aparecen en diferentes bibliografías.

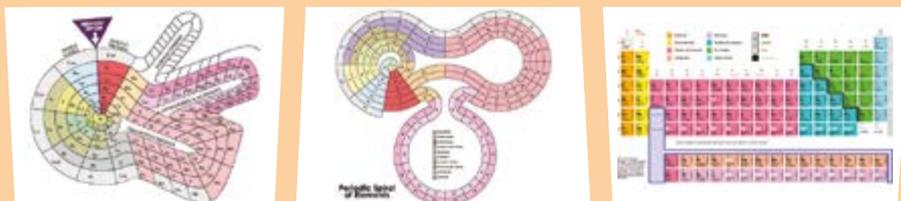


Fig. 2.11 Distintas tablas periódicas modernas de los elementos químicos

En Cuba se utiliza la Tabla periódica moderna de los elementos químicos de 18 columnas (tabla 2.6), formada por siete hileras horizontales nombradas períodos y 18 columnas denominadas grupos. Cada elemento químico representado por su símbolo químico ocupa un lugar en dicha tabla. El número del grupo se nombraba con números romanos seguidos de las letras A o B mayúsculas, según el tipo de elemento químico que represente. En la actualidad los grupos se nombran del 1 al 18. Esta tabla será utilizada en este nivel de enseñanza como una tabla de datos de los elementos químicos.



De la historia

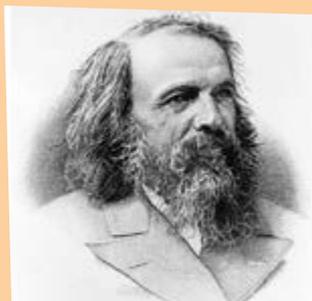


Fig. 2.12

Dimitri Ivánovich Mendeleiev, 1834 -1907 (fig.2.12), creador de la Tabla periódica de los elementos químicos, fue profesor de Química en San Petersburgo, en el Instituto Técnico, y profesor de Química General en la Universidad de San Petersburgo. En 1869 publicó la primera versión de la tabla periódica de los elementos químicos, ampliamente reconocida como una hazaña científica de gran valor para el desarrollo de la química.

! Importante

En la Tabla periódica moderna de los elementos químicos de 18 columnas el número del período nos indica el número de niveles de energía de los átomos de cada elemento químico y en los grupos A el número romano indica los electrones presentes en el último nivel de energía de los átomos del elemento químico representado.

Comprueba lo aprendido

2.11 Dada la distribución electrónica de un átomo de un elemento químico (fig. 2.13), responde.

- a) ¿En qué grupo y período se encuentra ubicado en la Tabla periódica moderna dicho elemento químico? Fundamenta tu respuesta.
- b) ¿Cuántos protones presenta este átomo en su núcleo?
- c) ¿Cuál es su número atómico?
- d) ¿A qué elemento químico representa y cuál es su símbolo químico?
- e) ¿Qué carga nuclear presenta?

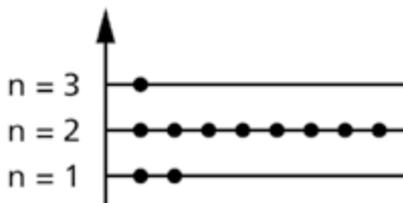


Fig. 2.13 Distribución electrónica de un átomo de un elemento químico

2.12 Escribe en tu cuaderno el símbolo químico de cada uno de los elementos químicos cuyos nombres se listan a continuación:

- | | |
|--------------|-------------|
| a) calcio | g) cobre |
| b) azufre | h) carbono |
| c) nitrógeno | i) cloro |
| d) hidrógeno | j) potasio |
| e) sodio | k) hierro |
| f) hidrógeno | l) aluminio |

2.13 Escribe en tu cuaderno el nombre de los elementos químicos representados por los símbolos químicos siguientes:

- | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| a) Br | b) I | c) Na | d) S | e) K | f) Cu | g) C | h) Mg |
| i) Al | j) Li | k) Cl | l) O | m) Ca | n) Fe | ñ) F | o) Ni |

2.14 Las representaciones siguientes (fig. 2.14) corresponden a núcleos de átomos de distintos elementos químicos:

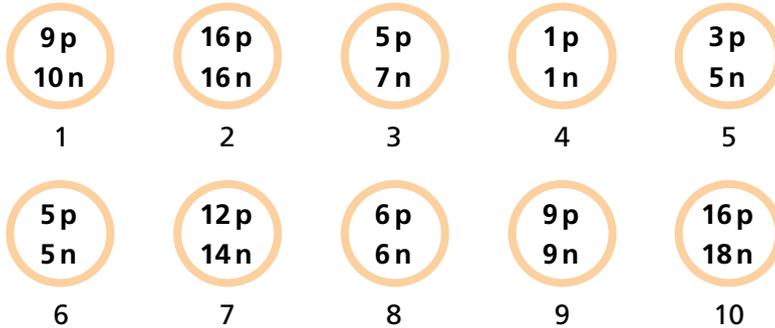


Fig. 2.14 Representaciones de diez núcleos de átomos de varios elementos químicos

De cada uno de ellos responde:

- número de electrones;
 - número atómico;
 - carga nuclear;
 - nombre del elemento químico a que pertenece;
 - símbolo químico del elemento químico.
- f) ¿Cuántos elementos químicos están representados? Argumenta.
 g) ¿Cuáles de ellos son isótopos?
 h) ¿En qué grupo y período de la Tabla periódica moderna está ubicado el elemento químico a que pertenece?

Desafío

- Se tienen cuatro elementos químicos numerados del 1 al 4. Dichos elementos se encuentran en abundancia en el planeta. De ellos se conoce que:
 - La distribución electrónica (fig. 2.15) del elemento (1) es:

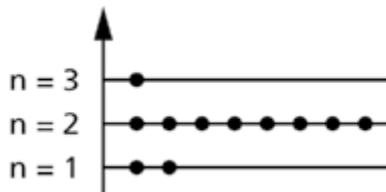


Fig. 2.15

Según lo anterior, responde:

- Escribe los símbolos químicos que se corresponden con la información dada de los elementos químicos representados hipotéticamente por M, Q, L y X.
- Representa la distribución electrónica del elemento químico M.
- ¿Son isótopos los átomos de los núcleos de L? Argumenta.
- Nombra el elemento químico representado por la letra X.

2.1.5 Masa atómica relativa del oxígeno. Masas atómicas relativas de los elementos químicos

Cuando se calcula la masa promedio de los tres isótopos del elemento químico oxígeno, de acuerdo con su abundancia relativa en la naturaleza, se encuentra que esta es de $2,656\ 81 \cdot 10^{-26}$ kg.

Cuando se compara la masa promedio del oxígeno con la masa de la unidad de masa atómica que es igual a $1,660\ 57 \cdot 10^{-27}$ kg se obtendrá la masa atómica relativa del elemento químico oxígeno que se simboliza $A_r(\text{O})$. Ejemplo:

$$A_r(\text{O}) = \frac{2,65681 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}{1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$$

$$A_r(\text{O}) = 15,994$$

$$A_r(\text{O}) \approx 16$$

Se han obtenido las masas atómicas relativas para cada elemento químico, al utilizar un procedimiento similar. Estas aparecen en la Tabla periódica moderna de los elementos químicos.



Importante

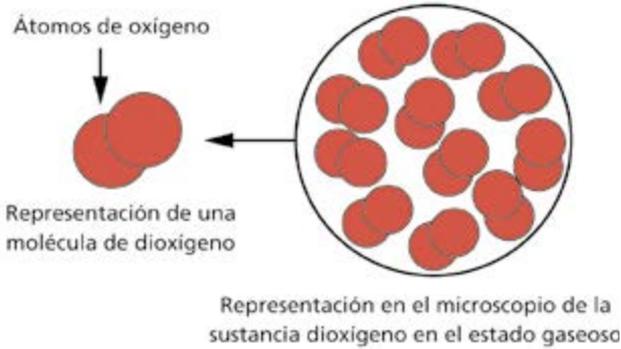
La masa atómica relativa es una propiedad de los elementos químicos.

La masa atómica relativa de cualquier elemento químico X, $A_r(\text{X})$, indica cuántas veces es mayor la masa de un elemento químico que la masa de la unidad de masa atómica.

Comprueba lo aprendido

2.15 ¿Qué indica la masa atómica relativa?

2.2.1 El dioxígeno como sustancia molecular. Sustancias moleculares. Fórmula química



En la naturaleza los átomos del oxígeno y de otros elementos químicos están unidos o enlazados entre sí, excepto en un número reducido grupo de gases denominados nobles (helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón).

Fig. 2.19 Representación de moléculas de dioxígeno

La sustancia dioxígeno está constituida por infinidad de moléculas, formadas cada una de ellas por dos átomos de oxígeno unidos entre sí. En la figura 2.19 se representan moléculas de dioxígeno mediante modelos moleculares denominados compactos.

! Importante

La sustancia molecular es aquella constituida por moléculas.

Existen muchas sustancias moleculares, entre las más conocidas están el dihidrógeno, el octazufre, el dinitrógeno, el dicloro, el dióxido de carbono, el metano, el agua y el etanol.

La figura 2.20 muestra diferentes modelos moleculares compactos de moléculas de estas sustancias.

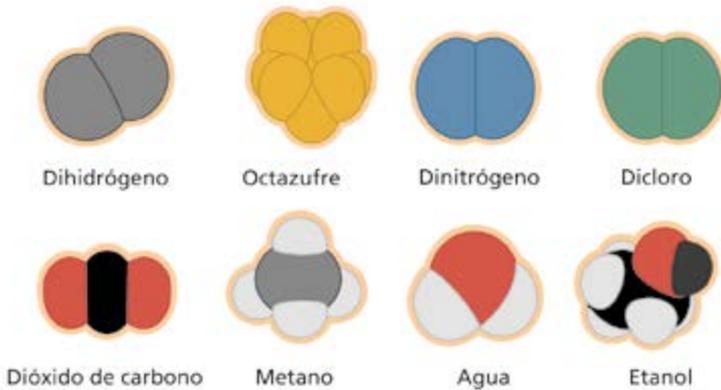


Fig. 2.20 Modelos compactos de una molécula de algunas sustancias moleculares

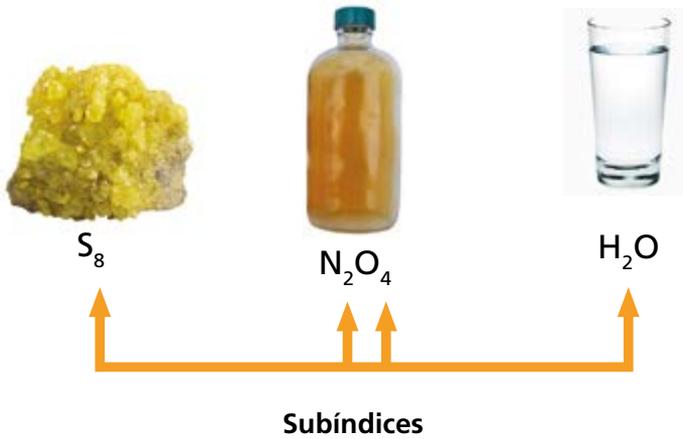


Fig. 2.21 Fórmulas químicas de algunas sustancias

¿Sabías que...?

Existen distintos tipos de fórmulas químicas. La información que ellas brindan está muy ligada al tipo de sustancia. Existe, por ejemplo, la fórmula química global, que es una representación convencional de la composición de la sustancia haciendo uso de los símbolos químicos y los subíndices. Cuando este último es un uno no se acostumbra a escribirlo. Por convenio, al referirse a la fórmula química de una sustancia, se hace alusión a la fórmula química global. Si la sustancia está formada por moléculas (sustancia molecular), la fórmula química que la representa se denomina fórmula química molecular.

! Importante

En las fórmulas químicas de las sustancias moleculares el subíndice indica el número de átomos de cada elemento químico que contiene cada molécula constituyente de la sustancia en cuestión.

En la tabla 2.8 se muestran algunos ejemplos de fórmulas químicas moleculares y lo que ellas indican sobre su composición química.

! Importante

Las fórmulas químicas indican la composición química cualitativa y cuantitativa de las sustancias.

Tabla 2.8 Composición química de algunas sustancias moleculares

Modelo molecular compacto	Nombre de la sustancia	Fórmula química global	Composición química
	Dioxígeno	O ₂	Moléculas formadas por dos átomos de oxígeno
	Octazufre	S ₈	Moléculas formadas por ocho átomos de azufre
	Agua	H ₂ O	Moléculas formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno
	Etanol	C ₂ H ₆ O	Moléculas formadas por dos átomos de carbono, seis de hidrógeno y uno de oxígeno



De la historia



Fig. 2.22

Joseph Louis Proust, 1754-1826, químico y farmacéutico francés (fig. 2.22) fue uno de los fundadores de la química. En su laboratorio, uno de los mejores dotados de la época, hizo numerosos experimentos químicos sobre la composición química de las sustancias que lo llevó a enunciar una de las más importantes leyes de la química: la Ley de las proporciones definidas, conocida también como Ley de Proust. Establece que las sustancias reaccionan en proporciones constantes y definidas. Por eso cada sustancia tiene una sola fórmula química global. El reconocimiento de esta ley propició el establecimiento de la teoría atómica de Dalton.

Comprueba lo aprendido

- 2.18** Di cuál de las dos afirmaciones siguientes es la correcta:
 Las sustancias moleculares son aquellas formadas por moléculas.
 Las sustancias moleculares son aquellas que tienen temperaturas de fusión y ebullición constantes.
- 2.19** Teniendo en cuenta los modelos moleculares de las sustancias: dinitrógeno, dióxido de azufre y tetróxido de dinitrógeno (fig. 2.23) y el código de colores que aparece en la tabla 2.8, representa sus respectivas fórmulas moleculares.



Fig. 2.23 Modelos moleculares de varias sustancias

- 2.20** Escribe las fórmulas químicas de las sustancias cuyas moléculas están constituidas por:
 dos átomos de cloro;
 cuatro átomos de fósforo;
 un átomo de carbono y uno de oxígeno.
- 2.21** Menciona la composición química de cada una de las sustancias cuya fórmula química molecular se representa a continuación:
 a) NH_3 b) P_4 c) SO_2 d) P_2O_5 e) O_3
- 2.22** El azúcar de caña o sacarosa es una sustancia molecular formada por moléculas que cada una tiene una composición química de doce átomos de carbono, veintidós de hidrógeno y once de oxígeno. Escribe la fórmula química molecular de esta sustancia, principal renglón de la economía cubana.

2.2.2 Masa fórmula relativa del dióxigeno. Masas fórmulas relativas

Si se conoce la composición química de una sustancia y la masa atómica relativa de cada uno de los elementos químicos que constituyen la fórmula química, es posible calcular la masa fórmula relativa. Por ejemplo, la fórmula del dióxigeno, O_2 , indica que cada molécula de dióxigeno está formada por dos átomos de oxígeno.

Si la masa atómica relativa del oxígeno, $A_r(O)$, es 16, entonces la masa fórmula relativa del dióxigeno, $M_r(O_2)$, sería:

$$M_r(O_2) = 2 A_r(O)$$

$$M_r(O_2) = 2 \cdot 16$$

$$M_r(O_2) = 32$$

En la tabla 2.9 se muestra la forma de calcular la masa fórmula relativa del monóxido de carbono y del agua.

La masa fórmula relativa se simboliza por $M_r(X)$, en la que X representa la fórmula química de la sustancia y se calcula sumando todas las masas atómicas relativas de los elementos químicos que la componen, teniendo en cuenta el número de átomos representados en la fórmula química de la sustancia.

Tabla 2.9 Cálculo de la masa fórmula relativa de dos sustancias moleculares

Fórmula química	Masas atómicas relativas	Masas fórmulas relativas
CO_2	$A_r(O) = 16$ $A_r(C) = 12$	$M_r(CO) = A_r(C) + A_r(O)$ $M_r(CO) = 12 + 16$ $M_r(CO) = 28$
H_2O	$A_r(H) = 1$ $A_r(O) = 16$	$M_r(H_2O) = 2 A_r(H) + A_r(O)$ $M_r(H_2O) = (2 \cdot 1) + 16$ $M_r(H_2O) = 18$

Comprueba lo aprendido

2.23 ¿Cómo se calcula la masa fórmula relativa?

2.24 Los átomos de los elementos químicos del grupo VIIA (17) de la Tabla periódica moderna de los elementos químicos forman sustancias cuyas moléculas son diatómicas.

- Localiza este grupo en la Tabla periódica moderna y escribe, de cada uno de los elementos químicos que lo constituyen, el nombre, el símbolo químico y la masa atómica relativa.
- Escribe las fórmulas químicas de las sustancias simples que ellos forman.
- ¿Cuál de estas sustancias tendrá mayor masa fórmula relativa? Argumenta.

Desafío

Determina la masa fórmula relativa de las moléculas de las sustancias que se representan en el ejercicio 2.19. Apóyate en la información que te proporciona la Tabla periódica moderna de los elementos químicos (tabla 2.6) y el convenio de colores para los átomos de los elementos químicos presentada en la tabla 2.7.

2.2.3 El enlace químico en la molécula de dióxigeno.

El enlace covalente

En el estado sólido, las sustancias moleculares, como el diyodo, el dióxido de carbono (hielo seco) y el agua, las moléculas están ordenadas formando redes cristalinas moleculares en el estado sólido (fig. 2.24).

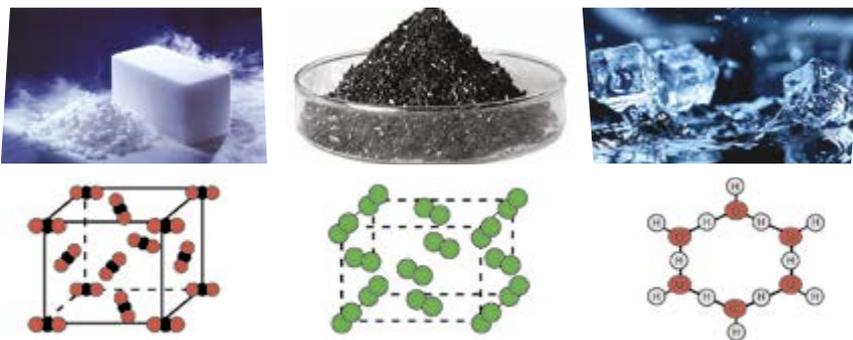


Fig. 2.24 Redes cristalinas moleculares de algunas sustancias

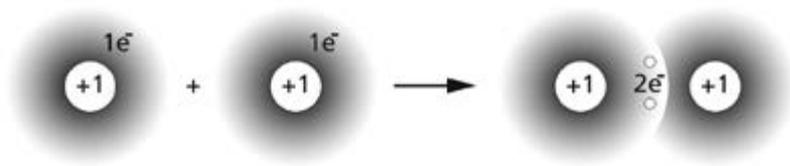


Fig. 2.25 Representación de la formación del enlace covalente entre dos átomos de hidrógeno

! Importante

Al enlace químico que se forma por compartimiento de electrones entre dos átomos se le denomina enlace covalente.

🕒 De la historia

La idea de la unión covalente se puede remontar varios años antes, hasta Gilbert N. Lewis (1875-1946), quien en 1916 describió el intercambio de pares de electrones entre los átomos. Introdujo la llamada notación de Lewis (símbolos y estructuras de Lewis), en la que los electrones del nivel de energía exterior se representan en forma de puntos en torno a los símbolos químicos (símbolos de Lewis) y estos se utilizan para formar las estructuras de Lewis. Los pares de electrones localizados entre átomos en estas estructuras representan enlaces covalentes como se muestra:

Elemento químico	Grupo de la Tabla periódica	Símbolo de punto de Lewis	Notación de Lewis	Tipo de enlace químico
Cl	VIIA(17)	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl}\cdot \\ \cdot\cdot \end{array}$	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl}\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} + \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\text{Cl}\cdot \\ \cdot\cdot \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl} : \text{Cl} : \\ \cdot\cdot \end{array}$ Símbolos de puntos Estructura de Lewis	Covalente

Notación de Lewis

La formación del enlace covalente entre dos átomos de hidrógeno puede representarse simplificada de dos formas utilizando modelos electrónicos (símbolos de Lewis), como se puede apreciar en la figura 2.26.



Fig. 2.26 Representación simplificada de la formación del enlace covalente entre dos átomos de hidrógeno

Los dos puntos y el guion entre los símbolos químicos del hidrógeno representan dos electrones compartidos.

¿? ¿Sabías que...?

Existen otros dos tipos de fórmulas químicas: la estructural y la electrónica.

La fórmula química estructural representa la composición química de una sustancia molecular, cómo están unidos los átomos en la molécula y el tipo de enlace químico. En esta fórmula química los enlaces covalentes se representan con líneas o guiones, tanto para sustancias inorgánicas como orgánicas.

La fórmula química electrónica representa los electrones mediante puntos. Indica el orden en que están unidos los átomos en la molécula y la polaridad del enlace químico según la posición del par o los pares de electrones compartidos.

En la tabla 2.10 se presentan tres tipos de fórmulas químicas utilizadas para representar las moléculas que constituyen las sustancias moleculares. La fórmula química global o simplemente fórmula química representa la sustancia y también, en el caso de las sustancias moleculares, una molécula de esta.

Tabla 2.10 Representación de tres de los tipos de fórmulas químicas se sobreentiende en las que aparecen enlaces covalentes simples, H_2 y H_2O ; dobles, O_2 y CO_2 ; y triples, N_2

Nombre	Fórmula química global	Fórmula química estructural	Fórmula química electrónica
Dihidrógeno	H_2	H-H	H:H
Agua	H_2O		
Dioxígeno	O_2	O=O	:Ö::Ö:
Dióxido de carbono	CO_2	O=C=O	:Ö::C::Ö:
Dinitrógeno	N_2	$N \equiv N$:N::N:

Comprueba lo aprendido

- 2.25** ¿A qué se denomina enlace covalente?
- 2.26** ¿Cuántos tipos de interacciones existen en un cristal molecular?
- 2.27** ¿Se rompen los enlaces químicos entre los átomos que forman las moléculas al fundir el agua sólida (hielo)? ¿Por qué?
- 2.28** Las sustancias moleculares tienen temperaturas de fusión y de ebullición relativamente bajas. Argumenta.
- 2.29** ¿Qué información brinda el análisis de la composición química de las fórmulas químicas de las sustancias moleculares representadas a continuación?
- a) F_2 b) NO_2 c) CO

Desafío

¿Qué información puede obtenerse sobre la composición química del etanol y de los enlaces químicos entre los átomos que forman sus moléculas a partir de la representación en la fig. 2.27.

- a) Escribe la fórmula química global de esta sustancia.
- b) ¿Qué tipo de enlace químico une a los átomos en las moléculas de etanol?
- c) ¿Qué tipo de fórmula química es la representada? Argumenta.

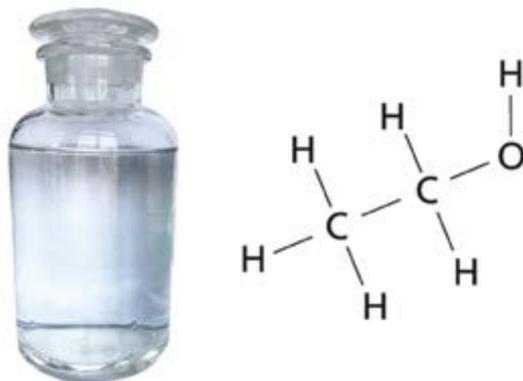


Fig. 2.27

2.2.4 El dioxígeno y el trioxígeno como sustancias simples. Sustancias simples y sustancias compuestas. Modificaciones alotrópicas. Alotropía

Durante el estudio de las sustancias se ha observado que estas pueden estar formadas por uno o más elementos químicos. Este es un criterio muy utilizado para clasificar todas las sustancias.

El dioxígeno, O_2 , el dihidrógeno, H_2 , y el octazufre, S_8 , son ejemplos de sustancias formadas, cada una, por un solo elemento químico.

! Importante

La sustancia formada por un solo elemento químico se denomina sustancia simple.

Sin embargo, el agua, H_2O , el dióxido de carbono, CO_2 , el etanol, C_2H_5OH , son sustancias formadas, cada una, por más de un elemento químico.

! Importante

La sustancia formada por más de un elemento químico se nombra sustancia compuesta.

Por tanto, la figura 1.24 (capítulo 1, epígrafe 1.2.1) puede ampliarse, particularmente en lo referente a las sustancias puras.

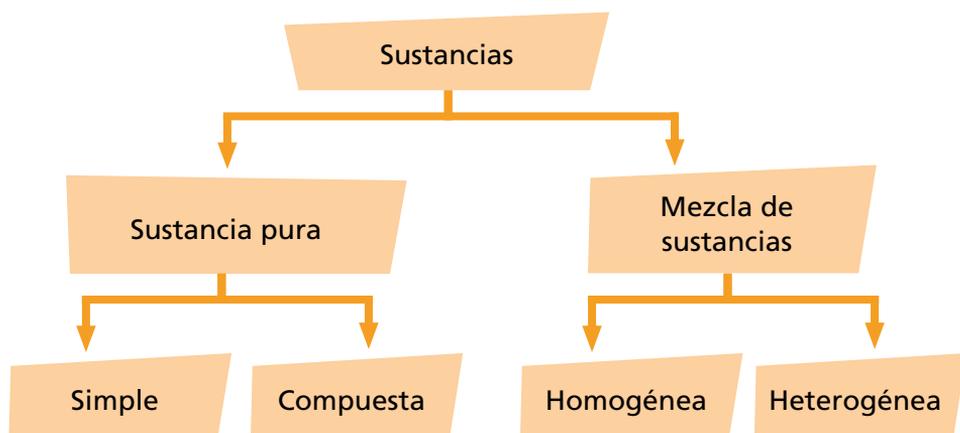


Fig. 2.28 Clasificación de las sustancias puras y las mezclas

Sistematizando

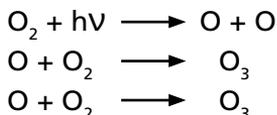
En la naturaleza las sustancias se encuentran puras o mezcladas.

Las mezclas de sustancias se clasifican en heterogéneas y homogéneas, en dependencia de si los componentes que la forman se distinguen o no a simple vista. Las disoluciones son mezclas homogéneas de dos o más sustancias en proporciones variadas.

Según el número de elementos químicos que forman las sustancias puras, estas se clasifican en sustancias simples y sustancias compuestas (fig. 2.28).

Trioxígeno

Los átomos del elemento químico oxígeno pueden unirse por medio de enlaces covalentes formando moléculas diatómicas, O_2 , constituyentes de la sustancia simple que se conoce como dióxígeno. Cuando esta sustancia interactúa con una descarga eléctrica, como un rayo durante las tormentas ($h\nu$), ocurre una ruptura del doble enlace químico de dicha molécula, generando dos átomos de oxígeno que se unen a otras dos moléculas de dióxígeno. De esta manera se obtiene un gas conocido como trioxígeno u ozono. Esto puede representarse por el esquema siguiente:



El trioxígeno es otra sustancia simple del elemento químico oxígeno, cuyas moléculas están formadas por tres átomos de este elemento químico, por lo que su fórmula química es O_3 . En estas moléculas también los átomos se mantienen unidos mediante enlaces covalentes.

De la historia

En 1840, Christian Schönbein propuso que el trioxígeno (ozono) fuera un compuesto químico distinto, nombrándolo con el verbo griego *ozein* (ὄζειν, "tener olor"), a causa del olor peculiar que se percibe durante las tormentas eléctricas. En 1865, Jacques-Louis Soret determinó la fórmula del ozono (O_3), lo que fue confirmado por Schönbein en 1867.

El ozono es un gas incoloro, pero en grandes concentraciones se vuelve ligeramente azulado; tiene un olor fuerte y penetrante, presente de forma natural en la atmósfera, y es poco soluble en agua, aunque algo más que

El dióxígeno y el trioxígeno, el diamante y el grafito, son modificaciones alotrópicas formadas por átomos del elemento químico oxígeno y carbono, respectivamente. Estas sustancias simples se diferencian por la composición química de las moléculas (dióxígeno y trioxígeno) o por la forma de sus redes cristalinas atómicas (diamante y el grafito), y, en consecuencia, también, por las propiedades. A esta propiedad de las sustancias simples se denomina alotropía.



Importante

La alotropía es la propiedad que tienen muchas sustancias simples de poseer diferentes estructuras atómicas o moleculares.

El diamante está constituido por átomos de carbono unidos por medio de fuertes enlaces covalentes formando una red que se extiende en todas direcciones.



Importante

Las redes cristalinas, como las del diamante y el grafito, formadas por átomos, se les denominan redes cristalinas atómicas y a las sustancias con esta estructura química, sustancias atómicas.

El número de átomos que forma la red cristalina atómica varía en dependencia del tamaño del cristal, pero la estructura química es la misma. El diamante, debido a su estructura química, es una sustancia de temperatura de fusión muy elevada (3500 °C).

Existen muchos elementos químicos que tienen la propiedad de la alotropía y, por tanto, poseen diferentes modificaciones alotrópicas. Por esta causa, el número de sustancias simples es mayor que el de los elementos químicos existentes.



¿Sabías que...?

El elemento químico fósforo (del latín *phosphorus*, que significa portador de luz), lo descubrió el alquimista Hennig Brandt, en 1669, buscando la piedra filosofal. Utilizó 50 cubos de orina y por evaporización de la urea recogió un sólido blanco que brillaba en la oscuridad. Desde entonces todas las sustancias que tienen esta propiedad se denominan fosforescentes. Posee tres estados alotrópicos: fósforo blanco, fósforo rojo y fósforo negro, que tienen estructura molecular P_4 . Los dos primeros son más conocidos. La nanotecnología ha encontrado otras sustancias simples del elemento químico fósforo.

En la tabla 2.12 aparecen algunas sustancias simples de estos dos grupos de sustancias simples.

En la Tabla periódica moderna de los elementos químicos cuyos átomos forman a los metales (elementos metálicos) se encuentran separados de los símbolos de los elementos químicos cuyos átomos forman a los no metales (elementos no metálicos) por una línea diagonal quebrada (tabla 2.6). De esta forma los elementos metálicos se encuentran representados a la izquierda de la línea diagonal quebrada y los elementos no metálicos a la derecha de esta. La mayoría de las sustancias simples son metales.

Tabla 2.12 Ejemplos de algunos metales y no metales y sus respectivas fórmulas químicas y elementos químicos que las constituyen

Sustancias simples			
Metales	Elementos metálicos	No metales	Elementos no metálicos
hierro (Fe)	hierro (Fe)	dioxígeno (O ₂)	oxígeno (O)
cobre (Cu)	cobre (Cu)	dinitrógeno (N ₂)	nitrógeno (N)
aluminio (Al)	aluminio (Al)	octazufre (S ₈)	azufre (S)
níquel (Ni)	níquel (Ni)	dicloro (Cl ₂)	cloro (Cl)

Los metales presentan un conjunto de propiedades físicas comunes, tales como:

- ▶ Todos son sólidos a temperatura ambiente, excepto el mercurio que es líquido.
- ▶ Todos presentan brillo metálico.
- ▶ Pueden convertirse en láminas delgadas sin romperse (maleables) y convertirse en hilos (dúctiles).
- ▶ Son buenos conductores del calor y la electricidad.

La figura 2.30 muestra diversos objetos elaborados con metales asociados a la patria cubana: replica en bronce de la caída en combate del apóstol cubano; escultura del Che con un niño en brazos en Santa Clara; estatua que representa la República de Cuba en el capitolio habanero y el Machete del generalísimo Máximo Gómez .



Fig. 2.30 Los metales y nuestra historia

¿Sabías que...?



Fig. 2.31 Armadura de hierro

El metal hierro es plateado. Las principales fuentes para su obtención son los minerales hematita y la magnetita, ricos en óxidos de hierro. Es el más importante de todos los metales. Se utiliza principalmente en la producción de aceros y herramientas (fig. 2.31). No es tóxico.

Los metales forman redes cristalinas atómicas como las que se exponen en la fig.2.32: a) hierro; b) cobre; c) magnesio.

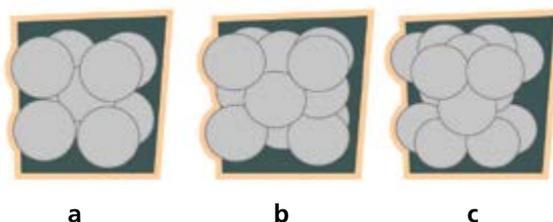


Fig. 2.32 Modelos de redes cristalinas de algunos metales

En estas redes cristalinas los átomos se unen entre sí formando cristales de diversos tamaños.

Importante

La unión entre los átomos que forman las redes cristalinas de los metales es un enlace químico que recibe el nombre de *enlace metálico*.

En el enlace metálico los electrones más externos de cada átomo son atraídos, simultáneamente, por varios núcleos y tienen cierta libertad de movimiento en el cristal. Por eso los metales tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica.

La fortaleza del enlace metálico varía notablemente de un metal a otro. Como el cambio de estado de un metal implica ruptura de este enlace químico entre sus átomos, las temperaturas de fusión son también muy variadas. Por ejemplo, el metal sodio: 97,8 °C; el metal hierro: 1 535 °C.

Los no metales, a diferencia de los metales, tienen pocas propiedades comunes. Por ejemplo, a temperatura ambiente (25 °C) unos son gases (dioxígeno, O_2 ; dihidrógeno, H_2 ; dinitrógeno, N_2); uno líquido (dibromo, Br_2) y otros sólidos (octazufre, S_8 ; tetrafósforo, P_4 ; silicio, Si; carbón, C). Por lo general, estas sustancias prácticamente no conducen la corriente eléctrica y conducen el calor menos que los metales.

Los no metales pueden ser sustancias moleculares, como el dioxígeno, O_2 ; el dihidrógeno, H_2 ; el octazufre, S_8 ; el tetrafósforo, P_4 (fig.2.33); o formar redes cristalinas atómicas, como el diamante (fig. 2.29) y el silicio. En la figura 2.33 se presenta el aspecto externo e interno de los no metales dicloro, dibromo y octazufre, de izquierda a derecha.

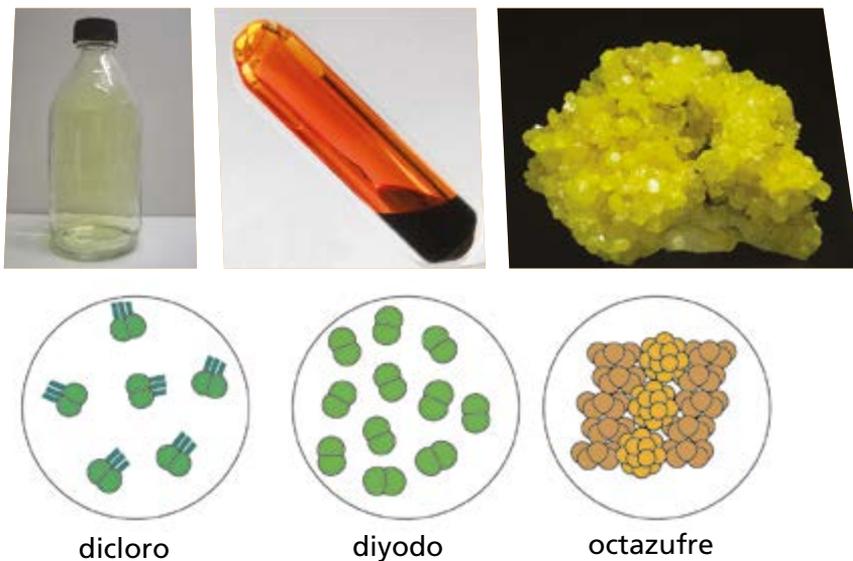


Fig. 2.33 Aspecto externo e interno de muestras de algunos no metales

Teniendo en cuenta su composición química las sustancias se clasifican en simples y compuestas, según la cantidad de elementos químicos que las formen. Las sustancias simples están constituidas por un solo elemento químico y las sustancias compuestas por más de un elemento químico. Si estos son elementos metálicos, entonces la sustancia es un metal. Pero si son elementos no metálicos, la sustancia es un no metal. En la figura 2.34 se resume esta clasificación mediante un esquema.

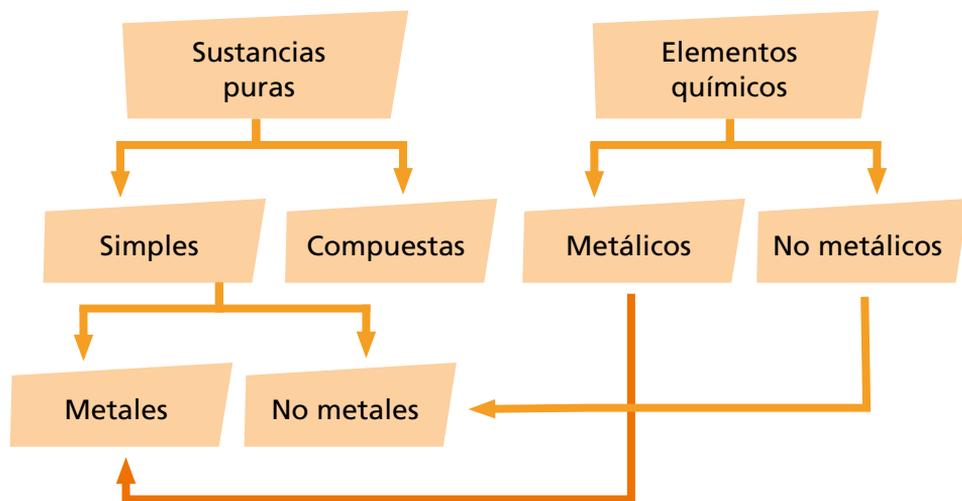


Fig. 2.34 Clasificación de las sustancias puras y los elementos químicos

Tabla periódica moderna de los elementos químicos da información de cuáles elementos son metálicos y cuáles no metálicos.

También las sustancias puras se clasifican según el tipo de partícula que la constituye. Según nuestros conocimientos hasta el momento, estas pueden ser moléculas y átomos. En el esquema de la figura 2.35 se resume dicha clasificación.



De la historia

Tal ha sido la importancia de los metales para el ser humano que ha marcado sucesos trascendentales en el tiempo histórico de las distintas civilizaciones: la Edad del Cobre (hacia el 9500 a. n. e.); la Edad del Bronce (entre el 3500 a. n. e. y el 2000 a. n. e.); la Edad del Hierro (hacia el 1800 a. n. e.). Luego, los seres humanos conocen y se han beneficiado de los metales desde hace más de 100 siglos.

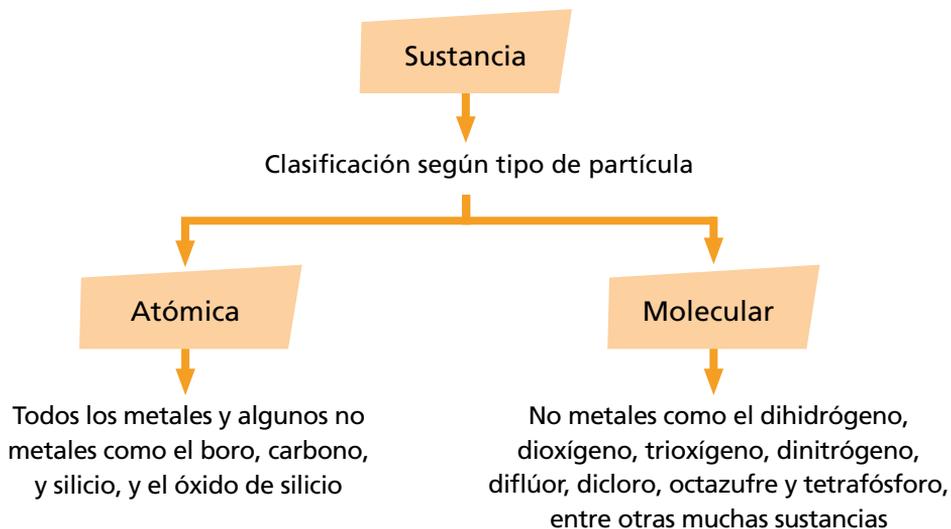


Fig. 2.35 Clasificación de las sustancias puras según el tipo de partícula que las forman

Comprueba lo aprendido

2.36 Haz un cuadro con las semejanzas y diferencias entre las propiedades físicas de los metales y los no metales.

2.37 En los metales:

a) ¿Qué tipo de enlace químico une a sus átomos?

b) ¿Cuál es la característica fundamental en este tipo de enlace químico?

2.38 ¿Cuáles son las diferencias fundamentales entre el enlace metálico y el enlace covalente?

2.39 Compara la red cristalina del diamante (fig. 2.29) con la del hierro (fig. 2.32) según el tipo de enlace químico que une a los átomos.

2.40 Compara las redes cristalinas moleculares con las redes cristalinas atómicas, de acuerdo con el tipo de partículas que las forman.

2.41 ¿Cuáles son los metales de mayor importancia para la economía cubana?

¿Sabías que...?

El fósforo blanco, P_4 , es una modificación alotrópica del elemento químico fósforo que ha tenido un gran uso en el área militar como agente incendiario, agente para crear pantallas de humo y como componente flamífero antipersonal capaz de causar quemaduras graves (fig. 2.36).



Fig. 2.36 El fósforo blanco como arma de guerra

Comprueba lo aprendido

2.42 Escribe el nombre de las sustancias simples representadas más abajo y clasifica en metal y no metal con ayuda de la Tabla periódica moderna:

- a) Li b) Cl_2 c) Cu d) Si

2.43 Escribe la fórmula química de las sustancias simples cuyos nombres se relacionan. Clasifícalas en metal y no metal con ayuda de la Tabla periódica moderna.

- a) carbón b) zinc c) diflúor d) trióxígeno
e) potasio f) yodo g) magnesio h) dinitrógeno

2.44 Relaciona los enunciados de la columna A con los conceptos que aparecen en la columna B:

- | A | B |
|--|-------------------------|
| a) Unión que existe entre los átomos. | () Sustancia simple |
| b) Sustancias simples con estructura cristalina, maleables. | () Enlace químico |
| c) Unión entre átomos por compartimiento de electrones. | () Metales |
| d) Sustancias formadas por átomos de un solo elemento químico. | () Elemento químico |
| e) Conjunto de átomos de igual número atómico. | () Enlace covalente |
| | () Sustancia compuesta |

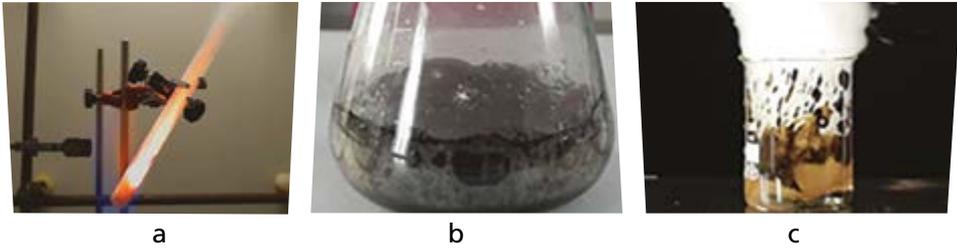
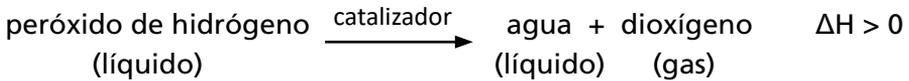


Fig. 2.37 Obtención del dióxigeno en el laboratorio

Observa que las reacciones químicas anteriores ocurren a diferentes velocidades, pero en todas ellas se obtiene el gas dióxigeno y otras sustancias. El gas dióxigeno obtenido hay que recogerlo en un recipiente determinado.

Por ejemplo, en la obtención del dióxigeno por descomposición del peróxido de hidrógeno, que puede representarse por el esquema con palabras siguiente:



Al introducir una astilla de madera encendida en el frasco en que se recogió el dióxigeno, O_2 , la llama se aviva (fig. 2.38). Esto es una manera de reconocer experimentalmente este importante gas.

Fig. 2.38 Reconocimiento experimental del dióxigeno



Salud ambiental

Para mostrar la obtención de dióxigeno (O_2) a partir de la descomposición de una sustancia compuesta, antes se utilizaba en la enseñanza de la Química, el óxido de mercurio (II). En la actualidad su uso está prohibido, pues en esa reacción química se produce una mezcla de dióxigeno y vapores de mercurio (muy tóxico, como muchos de sus compuestos). En los seres humanos este metal provoca alteraciones psicológicas, temblores, gingivitis y aborto espontáneo. También se forma en los volcanes y las minas y pasa a las aguas continentales, donde las bacterias lo transforman en metilmercurio, que es la forma más tóxica de este elemento químico. Los peces lo adquieren y por la cadena alimenticia llega a las personas.

¿Sabías que...?

El grupo empresarial de la industria química (GEIQ) cubana, creado en el año 2005, tiene muchas producciones, entre ellas la de gases, como el dióxigeno. Las plantas productoras de esta sustancia en el país se encuentran situadas en las provincias La Habana, Camagüey, Holguín y Santiago de Cuba. Los métodos industriales más importantes para la obtención de dióxigeno son la electrólisis del agua y la destilación fraccionada de aire líquido. En este último método, se licúa el aire y se deja vaporizar. En el aire líquido, el dinitrógeno es más volátil y se evapora antes, quedando el dióxigeno en estado líquido.

La producción de gases industriales influye en la economía del país, pues se relacionan con actividades de gran importancia como la salud pública.

Comprueba lo aprendido

2.46 En un frasco se ha recogido un gas incoloro. ¿Cuál será la forma más sencilla de comprobar que este gas es dióxigeno, O_2 ?

2.47 En el laboratorio de química se desea obtener dióxigeno por la descomposición térmica del clorato de potasio ($KClO_3$).

- Clasifica el clorato de potasio en sustancia simple o sustancia compuesta. Argumenta.
- Propón el diseño de un aparato para la obtención del dióxigeno, O_2 , en el laboratorio utilizando la misma sustancia citada.
- ¿En qué propiedad del dióxigeno, O_2 , te basaste para obtener esta sustancia?



Conéctate

A modo de conclusión de este epígrafe busca "Pasta de dientes para elefantes. Descomposición térmica del peróxido de hidrógeno" en la dirección: https://www.youtube.com/watch?v=MJ6p9IUIMsg&feature=emb_rel_end

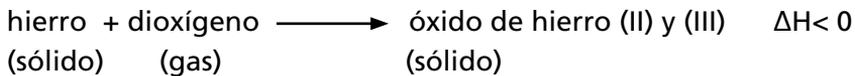
Observa las diferentes formas de obtener el dióxigeno tratadas en clases de una manera experimental e interesante. Precisa todas las medidas de precaución que son atendidas por el docente.

2.3.2 Propiedades químicas del dioxígeno

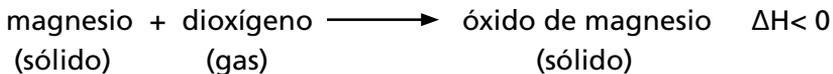
El dioxígeno, O_2 , reacciona directamente con las sustancias simples y las sustancias compuestas, excepto con las que forman los elementos químicos del grupo VIIIA (18) (gases nobles) de la Tabla periódica moderna de los elementos químicos y con el diflúor.

Reacción química del dioxígeno con los metales

Si se coloca una porción de lana de acero en el extremo de una cuchara de combustión y se calienta a la llama, al introducirla rápidamente en un frasco que contenga dioxígeno, el hierro arderá con producción de un brillante chisporroteo. En la reacción química se obtiene una masa sólida de color negrozco formada por el óxido de hierro (II) y (III). El siguiente esquema con palabras representa la reacción química ocurrida.



El magnesio reacciona con el dioxígeno con gran desprendimiento de luz y calor. El producto de esta reacción química es una sustancia sólida de color blanco denominada óxido de magnesio (fig. 2.39).



Al calentar cobre en el aire o en el dioxígeno puro, al cabo de cierto tiempo se recubre de una sustancia de color negro llamada óxido de cobre (II).

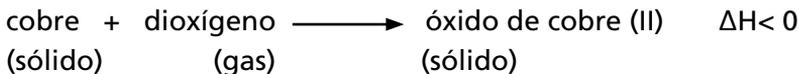


Fig. 2.39 Reacción química del dioxígeno con el magnesio



Importante

El dióxígeno reacciona con muchos metales formando el óxido metálico correspondiente.



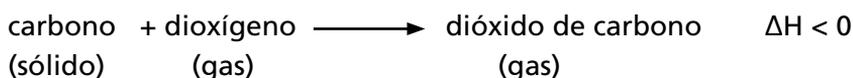
Reacción química del dióxígeno con los no metales

En una cucharilla de combustión se calienta a la llama una pequeña cantidad de octazufre en polvo hasta que comience a arder y después se introduce en un frasco que contenga dióxígeno. El octazufre continuará ardiendo, pero con una llama mucho más intensa de color azul.

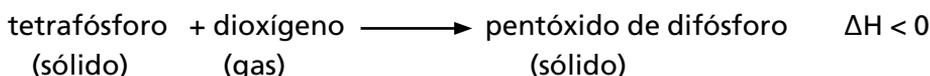
En esta reacción química se obtiene un gas incoloro de olor sofocante, denominado dióxido de azufre.



Se procede de manera similar colocando una porción de carbono en una cucharilla de combustión y se calienta a la llama hasta su temperatura de ignición. Al introducirlo en un frasco con dióxígeno, arderá intensamente. En esta reacción química se forma dióxido de carbono.



Si una pequeña porción de fósforo rojo (P_4) se calienta hasta su temperatura de ignición en una cucharilla de combustión y se introduce en un frasco con dióxígeno, arderá con una llama brillante y se formará un humo denso y blanco. El producto de esta reacción química es pentóxido de difósforo.





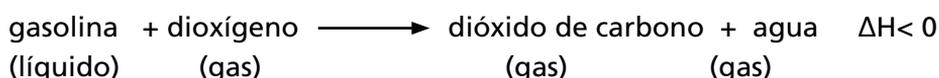
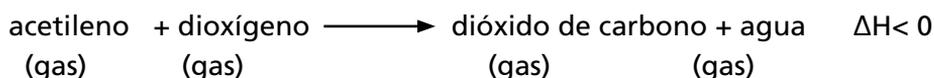
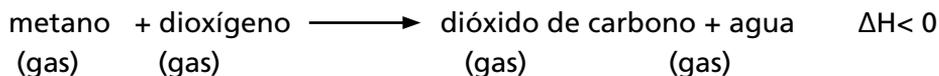
Importante

El dioxígeno (O_2) reacciona con los no metales formando el óxido no metálico correspondiente, excepto con el difluor, (F_2), y los gases nobles (sustancias simples de los elementos químicos representados en el grupo VIII A (18) de la Tabla periódica moderna.



Reacción química del dioxígeno con algunas sustancias compuestas

El dioxígeno, O_2 , también reacciona con muchas sustancias compuestas, tales como los hidrocarburos, que son sustancias moleculares orgánicas formadas por átomos de carbono e hidrógeno. El metano, CH_4 , principal componente del gas natural, es un hidrocarburo. La gasolina es un líquido, derivado del petróleo, que es una mezcla de hidrocarburos, entre ellos el heptano, C_7H_{16} . El acetileno, C_2H_2 , gas utilizado en los sopletes para cortar y soldar metales, es asimismo un hidrocarburo. Al reaccionar estas sustancias con el dioxígeno se desprende gran cantidad de energía mediante calor y se obtiene dióxido de carbono y agua. Ejemplos:



Importante

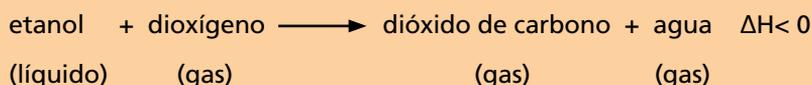
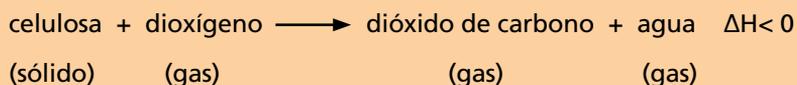
El dioxígeno reacciona con los hidrocarburos formando el dióxido de carbono y agua.





Conoce un poco más

La celulosa, descubierta en 1838, es la sustancia que más frecuentemente se encuentra en la pared de las células vegetales y el principal componente de la madera, el papel y los tejidos de fibras naturales. Igualmente se utiliza en la fabricación de explosivos (como la nitrocelulosa o “pólvora para armas”, el más conocido), celuloide, seda artificial, barnices y el papel reciclado triturado, como aislamiento térmico y acústico. Algunas sustancias compuestas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno, por ejemplo, la celulosa ($C_6H_{19}O_5$) y el etanol (C_2H_6O), también reaccionan con el dioxígeno a altas temperaturas con producción de dióxido de carbono y agua.



Combustión

La palabra combustión proviene del latín *combustio*, -ōnis.



Importante

La combustión es un término que suele aplicarse comúnmente a las reacciones químicas que desprenden energía mediante luz y calor.

En las denominadas **combustiones ordinarias** una de las sustancias reaccionantes es el dioxígeno.

Las sustancias que, como el dioxígeno, permiten la combustión en su seno reciben el nombre de **comburentes**. Las sustancias que se queman o arden en el comburente se denominan **combustibles**.

Por ejemplo, el dioxígeno es el comburente cuando reacciona con la gasolina, el etanol, la madera, entre otras sustancias, que son combustibles.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos. Entre los sólidos más importantes están el carbón, la madera y la turba, muy utilizados como fuente de energía mediante calor en la industria y los hogares (calefacción). Combustibles líquidos son el petróleo (mezcla de hidrocarburos), derivados de este (la gasolina, el diésel y el keroseno), así como el etanol.

Entre los combustibles gaseosos se encuentran el gas natural o los gases licuados de balón (mezcla de propano y butano, principalmente), usados además en motores de combustión interna, calderas o como fuente de energía en los hogares.

La combustión puede ser completa o incompleta en dependencia de la proporción en que se encuentre el combustible y el comburente.

Durante la combustión completa se obtiene dióxido de carbono y agua. Cuando hay escasez de dióxígeno se obtiene además el monóxido de carbono, CO (gas venenoso), y un humo negro de carbono conocido por hollín. En este caso se dice que la combustión es incompleta.

Para que ocurra una reacción de combustión, además de un combustible y un comburente tiene que existir un punto de ignición. Estos requerimientos se representan mediante un triángulo como en la figura 2.40.



Fig. 2.40 Requerimientos para que ocurra una reacción de combustión



Salud ambiental

Los incendios en los bosques son reacciones de combustión muy peligrosas y una de las mayores causas de contaminación del suelo, la atmósfera y las aguas continentales y oceánicas. Ocasionan la muerte de seres vivos y alteran el equilibrio del ecosistema. En las zonas afectadas, se hace imposible la vida, el aprovechamiento de los recursos naturales existentes y la recreación. Por ejemplo, en enero de 2020 en Australia se ha calculado la muerte de más de 1 000 millones de animales (fig. 2.41). Organismos internacionales aseguran que el fenómeno de los incendios forestales no es un hecho aislado y que seguirá ocurriendo en todo el mundo, pues están asociados a los cambios climáticos, altas temperaturas y sequías agrícolas.

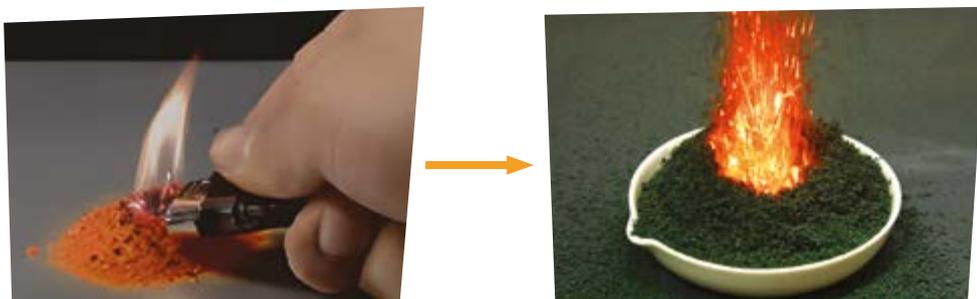


Fig. 2.42 Descomposición del dicromato de amonio, "el volcán químico"

2.3.3 El dioxígeno y la Ley de conservación de la masa

Si se calienta cobre sólido en un tubo de ensayos cerrado, como se muestra en la figura 2.43, al cabo de un tiempo se observa que este metal se cubre de una capa de color negro. El cobre ha reaccionado con el dioxígeno del aire contenido en el tubo de ensayos, formándose una nueva sustancia: el óxido de cobre (II). En la figura 2.43 se muestra cómo se determinan las masas de las sustancias que participan en esta reacción química: a) antes y b) después de la reacción química.

! Importante

En una reacción química la suma de las masas de todas las sustancias que reaccionan es igual a la suma de las masas de todas las sustancias que se producen.

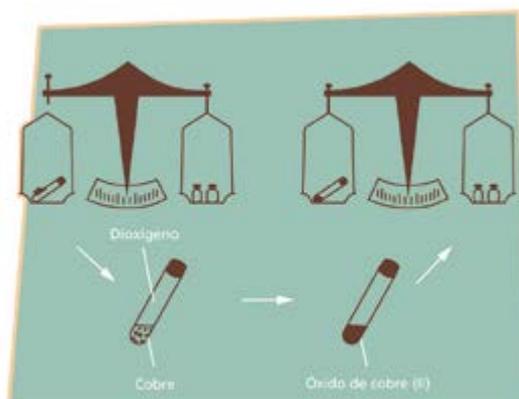


Fig.2.43 Determinación de las masas de las sustancias que participan en la reacción química.

El conocimiento de esta ley química permite explicar muchos fenómenos, tanto cuantitativos como cualitativos, relacionados con las reacciones químicas. Por ejemplo: calcula la masa de óxido de magnesio que se obtendrá si reaccionan completamente 16 g de dióxigeno con 24 g de magnesio.

Datos: reaccionan 16 g de dióxigeno y 24 g de magnesio

Incógnita: masa de óxido de magnesio que se produce

Para resolver este problema se requieren dos conocimientos básicos:

1. La propiedad química del dióxigeno (O_2) de reaccionar con muchos metales y producir el óxido metálico correspondiente.
2. La suma de las masas de las sustancias que reaccionan es igual a la suma de las masas de las sustancias que se producen.

De acuerdo con esto puedes plantear que:

$m(\text{magnesio}) + m(\text{dióxigeno}) = m(\text{óxido de magnesio})$

$$24 \text{ g} + 16 \text{ g} = x \text{ g}$$

$$24 \text{ g} + 16 \text{ g} = 40 \text{ g}$$

Comprobación:

$$24 \text{ g} + 16 \text{ g} = 40 \text{ g}$$

$$40 \text{ g} = 40 \text{ g}$$

Respuesta: se obtendrán 40 g de óxido de magnesio.

En ocasiones los datos del ejercicio varían, en otros casos no se requiere de cálculos (ejercicio 2.56), pero ambos se resuelven si te apoyas en el enunciado de la Ley de conservación de la masa.

Desafío

A partir de la información siguiente:

Experimento A: Se pesan 2 g del metal sodio y se dejan a la intemperie. Pasado un breve tiempo este metal se recubre de un polvo blanco y al calcular su masa se observa su aumento como se muestra en la figura 2.46.

Experimento B: Se pesan 5 g de carbonato de calcio y se le da calor en un recipiente abierto. Pasado un tiempo se observa la aparición de un gas y un residuo sólido de color blanco, que al pesarlo tiene una menor masa que el inicial (fig. 2.47).

que antes de calentarlo. ¿Este resultado está en contradicción con la Ley de conservación de la masa? Argumenta.

2.57 Representa los esquemas con palabras de las reacciones químicas descritas a continuación:

- La descomposición térmica del carbonato de calcio sólido, $\text{CaCO}_3(\text{s})$, en óxido de calcio sólido, $\text{CaO}(\text{s})$ y dióxido de carbono gaseoso, $\text{CO}_2(\text{g})$, con absorción de energía calorífica.
- La reacción química entre el octazufre sólido, $\text{S}_8(\text{s})$ y el hierro sólido, $\text{Fe}(\text{s})$, formando sulfuro de hierro (II) sólido, $\text{FeS}(\text{s})$, con desprendimiento de energía calorífica.

2.3.4 Aplicaciones del dioxígeno. Importancia del trioxígeno (ozono). Su relación con la salud y el medio ambiente

El dioxígeno, $\text{O}_2(\text{g})$, tiene dos propiedades importantes: ser comburente y participar en el proceso de respiración. En la figura 2.48 se relacionan las propiedades y las aplicaciones del dioxígeno mediante un esquema.

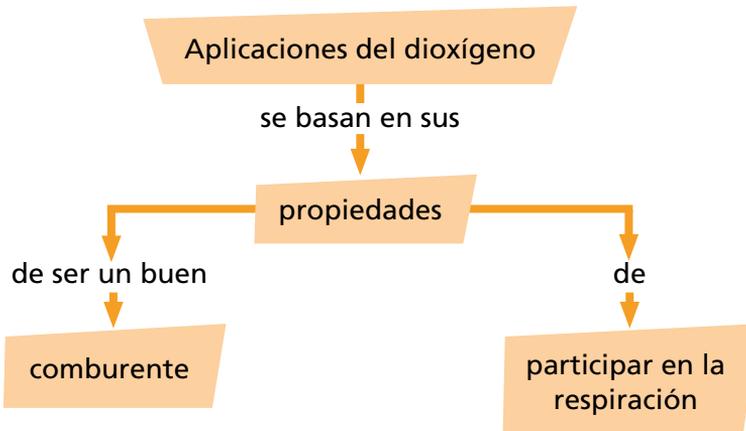


Fig. 2.48 Relación entre las propiedades y las aplicaciones del dioxígeno

Aplicaciones del dioxígeno según la propiedad de ser comburente

El dioxígeno puro, O_2 , permite una combustión más intensa con lo que se alcanzan altas temperaturas. Esto se aprovecha con frecuencia en numerosos procesos industriales. Por ejemplo, en la fundición del hierro cola-

do, Fe(l), en los altos hornos, se añade dioxígeno puro, $O_2(g)$ al aire y esto permite acelerar el proceso de producción (fig. 2.49).



Fig. 2.49 Fundición del hierro colado, Fe(l), en altos hornos

El dioxígeno mezclado con acetileno u otros gases combustibles se utiliza para cortar y soldar metales. Existe también la soldadura de arco que aprovecha el intenso calor que produce un arco voltaico. Este arco se forma cuando fluye una corriente eléctrica entre dos electrodos separados (fig. 2.50).

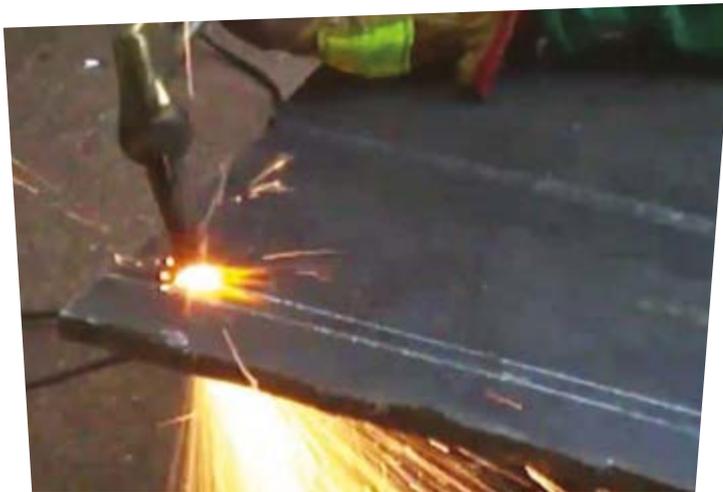


Fig. 2.50 Uso del dioxígeno mezclado con acetileno para cortar y soldar metales

En la combustión de algunas sustancias, como el serrín u otras sustancias porosas impregnadas con dioxígeno líquido, puede provocar violentas explosiones.

Estas mezclas se utilizan como explosivos para la construcción de túneles, carreteras y en la minería (fig. 2.51).



Fig. 2.51 Uso del dióxígeno como explosivo, mezclado con otras sustancias

Se usa dióxígeno líquido en los motores de propulsión de los cohetes (fig. 2.52).



Fig. 2.52 Uso del dióxígeno líquido en los motores de propulsión de cohetes

También se toma directamente del aire en los procesos industriales y en el transporte. Otras aplicaciones industriales son la fabricación de acero y obtención del metanol.

Aplicaciones del dióxígeno según la propiedad de participar en el proceso de respiración

Cuando el ser humano se ve sometido a ciertas condiciones en las que no existe dióxígeno, o no se encuentra en las cantidades necesarias, o está mezclado con sustancias tóxicas, se suministra dióxígeno por medio de caretas u otros dispositivos. Ejemplo de condiciones que requieren este suministro son: vuelos de pilotos y cosmonautas a grandes alturas, viajes en submarinos, buceo y trabajo en minas. Esta sustancia también se les

la base de la pirámide trófica. El 10 % de ozono restante está contenido en la troposfera, es peligroso para los seres vivos.

En los últimos cien años, la actividad inescrupulosa e irresponsable del ser humano ha provocado el deterioro paulatino de la capa de ozono, por lo que se llegó a la conclusión de que la vida en la Tierra estaba seriamente amenazada. Por esa razón, la Asamblea General de las Naciones Unidas se reunió el 16 de septiembre de 1987 y todos los países firmaron el Protocolo de Montreal. En 1994, esta asamblea proclamó el 16 de septiembre como el Día Internacional para la Preservación de la Capa de Ozono.

El trioxígeno (ozono) y su relación con la salud

El trioxígeno (ozono), $O_3(g)$, es de gran importancia en el tratamiento de algunas enfermedades, entre ellas la ozonoterapia, una forma de medicina alternativa que promueve la saturación de dióxígeno en el organismo mediante la insuflación de una mezcla de dióxígeno y ozono al cuerpo por diversas vías. Hay varios métodos para introducir la mezcla de gases al cuerpo. Los beneficios de esta terapéutica incluyen el tratamiento de diversas enfermedades: cáncer, SIDA, esclerosis múltiple, artritis, enfermedades cardiovasculares y la de Lyme, Alzheimer, hipertensión arterial, diabetes, dolores a nivel lumbar o de rodilla, entre otras. Un estudio también ha revelado que la inyección de ozono localmente es un efectivo tratamiento para el padecimiento conocido como hernia de disco o discólisis.

No obstante, un exceso de trioxígeno (ozono) daña las células implicadas en ciertas enfermedades crónico-degenerativas.

Por ejemplo, el enrarecimiento grave de la capa de ozono ha provocado el aumento de casos de melanomas (cáncer de piel) y su envejecimiento, irritación, arrugas, manchas o pérdidas de elasticidad. También se ha afectado el sistema inmunitario en humanos y otras especies y han aparecido cataratas oculares, entre otras enfermedades.

Para preservar la capa de ozono hay que seguir disminuyendo el uso de sustancias, como los clorofluorocarbonos (CFC), presentes en refrigerantes industriales, y fungicidas de suelo, como el bromuro de metilo. Los países de América Latina son los más perjudicados por el aumento en los niveles de radiación ultravioleta. El mundo no necesita una mirada pasiva

Resumen y ejercicios

2.61 Confecciona un cuadro o una tabla en la que resumas lo estudiado del elemento químico oxígeno, O, de acuerdo con los aspectos siguientes:

- estructura electrónica de su átomo,
- símbolo químico,
- posición en la Tabla periódica moderna de los elementos químicos,
- esquema de la composición del núcleo de los distintos isótopos y de la distribución electrónica,
- número atómico,
- carga nuclear,
- masa atómica relativa $A_r(x)$

2.62 Confecciona un cuadro o una tabla en la que resumas lo estudiado de la sustancia dióxígeno, según los aspectos siguientes:

- fórmula química,
- tipo de enlace químico que une a sus átomos,
- propiedades físicas,
- clasificación según su composición química,
- clasificación según el tipo de partícula que la compone,
- metal o no metal,
- obtención en el laboratorio,
- esquema y descripción del aparato utilizado,
- propiedades químicas
- aplicaciones y propiedades en las que se basa cada una

2.63 Las sustancias estudiadas pueden clasificarse de acuerdo con su composición química y propiedades como se muestra en la figura 2.55.

- Define los términos sustancia simple y sustancia compuesta.
- Describe las propiedades generales de los metales y de los no metales.
- Escribe el nombre de tres sustancias simples y tres sustancias compuestas.
- Escribe la fórmula química de las sustancias simples mencionadas en el inciso anterior.

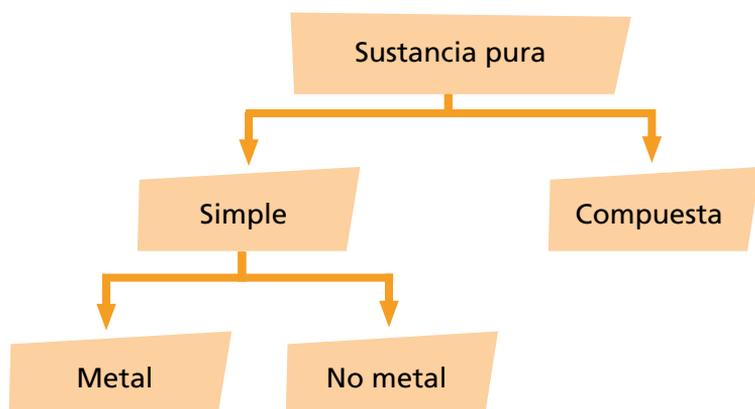


Fig. 2.55 Clasificación de las sustancias según su composición química y propiedades

2.64 Completa la información seleccionando el término correcto:

- En las sustancias moleculares las interacciones entre una molécula y otra son (fuertes – débiles), mientras que entre los átomos que forman las moléculas existen (fuertes – débiles) interacciones. Las sustancias moleculares tienen temperaturas de fusión y de ebullición relativamente (altas – bajas).
- Las sustancias atómicas forman redes cristalinas atómicas en las que los átomos pueden estar unidos como el diamante, por medio de enlaces (covalentes – metálicos), o como en el cobre, por enlaces (covalentes – metálicos). La fortaleza del enlace (no varía – varía) notablemente de un metal a otro.

2.65 El nitrógeno es un elemento químico situado en el grupo VA(15), período 2 de la Tabla periódica moderna de los elementos químicos, cuya sustancia simple está formada por moléculas diatómicas.

- Escribe el símbolo químico y el número atómico de este elemento químico.
- Escribe la fórmula química de su sustancia simple.
- ¿Qué información cualitativa y cuantitativa puede obtenerse de su fórmula química?
- ¿Qué tipo de enlace químico une a los átomos en las moléculas de dinitrógeno?
- Si en una mezcla de dióxígeno y dinitrógeno se hace saltar una chispa eléctrica se produce un gas denominado monóxido de nitrógeno. Escribe el esquema con palabras de esta reacción química.

2.66 La malaquita es un mineral de cobre que al descomponerse totalmente por el calor forma dióxido de carbono gaseoso, óxido de cobre (II) sólido y agua gaseosa con desprendimiento de energía mediante calor.

- Representa el esquema con palabras de la reacción química.
- Clasifica la reacción química a partir de la energía involucrada en el proceso. Argumenta.
- Señala la sustancia reaccionante y las sustancias productos.

2.67 Relaciona el tipo de enlace químico que aparece en la columna A con las características que le corresponde en la columna B.

A

B

1. Enlace metálico

___ Enlace presente en las sustancias simples que se caracteriza por su alta conductividad eléctrica.

___ En este enlace químico los electrones son compartidos por dos átomos.

2. Enlace covalente

___ Los electrones que participan en este enlace químico tienen cierta libertad de movimiento y son atraídos simultáneamente por varios núcleos.

___ Enlace químico que une a los átomos de oxígeno en las moléculas O_2 y O_3 .

2.68 El silicio es un elemento químico cuya sustancia simple es un sólido cristalino atómico con estructura química semejante a la del diamante, de gran dureza y elevada temperatura de fusión.

- Localiza el elemento químico silicio en la Tabla periódica moderna y escribe su símbolo y número atómico.
- ¿Cuál es la carga nuclear de este elemento químico? ¿Cuántos electrones tendrán los átomos de silicio en su envoltura electrónica?
- ¿Qué tipo de enlace químico une a los átomos de silicio en la red cristalina?

Selecciona los enunciados correctos marcando con una equis (X).

___ Las sustancias moleculares tienen relativamente bajas temperaturas de fusión y de ebullición.

___ Las aplicaciones de las sustancias no dependen de sus propiedades.

___ La mezcla de sustancias es la unión de dos o más sustancias, con transformación de estas en otra u otras.

___ Se denomina elemento químico al conjunto de átomos de igual número atómico.

___ La fórmula química de la sustancia cuyas moléculas están formadas por dos átomos de oxígeno es O_2 .

___ Las sustancias formadas por más de un elemento químico se nombran sustancias compuestas.

___ Las propiedades de las sustancias permiten establecer solamente semejanzas entre ellas.

___ Según su solubilidad en agua, las sustancias puras se clasifican en prácticamente insolubles, solubles y poco solubles.

2.72 Si se hace reaccionar octazufre sólido, $S_8(s)$, con dióxigeno gaseoso, $O_2(g)$, se observa la formación de una sustancia gaseosa llamada dióxido de azufre (SO_2) con un desprendimiento de energía mediante luz y calor.

- Representa, mediante un esquema con palabras, la reacción química que se produjo y clasifícala según el criterio energético.
- Señala una sustancia reaccionante y una sustancia producto en la reacción química anterior

2.73 ¿Qué importancia tiene el dióxigeno (O_2) para la vida en el planeta Tierra?

2.74

Selecciona la afirmación más completa y argumenta tu respuesta.

- En todas las reacciones químicas se desprende o se absorbe energía mediante calor.
- En todas las reacciones químicas una o más sustancias se transforman en otra u otras.
- En todas las reacciones químicas una o más sustancias se transforman en otra u otras y estas últimas tienen propiedades diferentes a las que reaccionaron.

- a) Representa la reacción química descrita mediante un esquema con palabras.
- b) Clasifica la reacción química según la energía involucrada. Argumenta.
- c) El dióxido de carbono, $\text{CO}_2(\text{g})$, es uno de los gases causantes del debilitamiento de la capa de ozono $\text{O}_3(\text{g})$. ¿Qué importancia tiene el trióxígeno (O_3) para la salud y el medio ambiente?



CAPÍTULO 3

Los óxidos y el medio ambiente

En el capítulo anterior se trató la sustancia simple dioxígeno, O_2 , y con ella un conjunto de conceptos fundamentales para el estudio de la Química, así como las primeras propiedades químicas de las sustancias: las reacciones químicas de los metales y los no metales con el dioxígeno. Entre las sustancias que pueden obtenerse en estas reacciones químicas están los óxidos.

En este capítulo comenzarás el estudio de las sustancias compuestas teniendo en consideración su estructura química, conformada por su composición química, tipo de partícula, enlace químico y ordenamiento espacial. Ampliarás y profundizarás estos conceptos, así como el lenguaje de la química constituido por la simbología y la nomenclatura químicas, entre otros vocablos específicos. Todo esto te posibilitará responder a un grupo significativo de interrogantes sobre este tipo de sustancia compuesta denominada óxido, entre las cuales se encuentran:

- ▶ ¿Son los óxidos los únicos tipos de compuestos químicos formados por el oxígeno y otro elemento metálico o no metálico? ¿Qué los diferencia entre sí?
- ▶ ¿Por qué las propiedades físicas de los óxidos son tan variadas?
- ▶ ¿Qué tipo de enlace químico une a los átomos de oxígeno con los de otros elementos químicos en los óxidos?
- ▶ ¿Qué aplicaciones poseen los óxidos?
- ▶ ¿Qué relación tienen los óxidos con el medio ambiente y la salud ambiental?

3.1 Los óxidos

El dioxígeno reacciona con la mayoría de las sustancias simples formando compuestos binarios constituidos por el elemento químico oxígeno y otro elemento metálico o no metálico. Entre estas sustancias se encuentran los óxidos.

Son ejemplos de óxidos muchas de las sustancias que se encuentran a tu alrededor. Entre los más conocidos están: el agua, H_2O , que ocupa más del 75 % del organismo humano al nacer y cerca del 65 % cuando se es adulto; el dióxido de carbono, CO_2 , y el monóxido de carbono, CO , que son productos de la combustión completa e incompleta de innumerables sustancias; el óxido de calcio, CaO , con el cual se prepara la conocida "lechada de cal"; el trióxido de azufre, SO_3 , uno de los causantes de las lluvias ácidas, y el dióxido de silicio, SiO_2 , muy utilizado en la fabricación del vidrio y la obtención del silicio para la industria electrónica y microelectrónica.

Otros óxidos forman parte de muchos minerales, los cuales constituyen mezclas de sustancias que se encuentran en la naturaleza, ricas en determinado tipo de sustancia inorgánica que contiene un elemento metálico, ya sea en forma de óxido u otro tipo de sustancia. Los minerales tienen gran importancia económica pues son materia prima para obtener muchos metales, entre ellos se encuentran: la pirolusita, MnO_2 , del que existen yacimientos en varias provincias cubanas y es utilizado como despolarizador de las pilas secas como uno de sus innumerables usos; la hematita, Fe_2O_3 , y la cuprita, Cu_2O , entre otros muchos.

¿? ¿Sabías que...?



Fig. 3.1 Camuflaje del camaleón cubano

El cambio de color del camaleón

El óxido de hierro (III), Fe_2O_3 , tiene una variedad de colores (azul, verde y violeta) que se debe a la posibilidad que tienen los átomos de hierro de cambiar su estructura electrónica. Se intuye que la presencia de este óxido de hierro en la piel de los camaleones es el causante de sus posibilidades de cambiar de color para pasar inadvertido, ante determinadas situaciones (fig. 3.1).

3.1.1 Los óxidos. Propiedades físicas

Existe una gran variedad de óxidos que se presentan en estado líquido, gaseoso o sólido a temperatura ambiente. Debido a esto sus propiedades físicas son muy variadas, puesto que como se verá sus átomos pueden estar unidos por distintos tipos de enlaces químicos.

Algunos son gaseosos a temperatura ambiente, como el dióxido de carbono, CO_2 , otros, por el contrario, son sólidos de elevadas temperaturas de fusión, como los óxidos de magnesio, MgO , y de calcio, CaO , y otros líquidos como el agua, H_2O .

El color, la solubilidad, el olor y otras propiedades también varían grandemente de unos óxidos a otros (tabla 3.1).

Tabla 3.1 Propiedades físicas de algunos óxidos

Óxidos	Propiedades físicas			
Nombre	Fórmula química	Color	t.f/°C	Olor
Dióxido de azufre	SO_2	incoloro	-72,7	sofocante
Óxido de calcio	CaO	blanco	2 614	inodoro
Dióxido de nitrógeno	NO_2	pardo rojizo	-112	característico
Óxido de plomo (II)	PbO	amarillo	886	inodoro
Agua	H_2O	incoloro	0	inodoro
Óxido de cobre (I)	Cu_2O	rojo	1 235	inodoro
Óxido de cromo (III)	Cr_2O_3	verde	2 266	inodoro

¿Sabías que...?



Fig. 3.2 Murales en Egipto pintados con hematita

El óxido de hierro (III) forma parte del mineral hematita. En la antigüedad fue utilizado como pigmento (fig. 3.2) y para la fabricación de espejos. Se ha encontrado presente en muchas tumbas egipcias. Es un mineral que tiene gran uso en la industria, principalmente en la obtención del hierro.

3.1.2 Clasificación de los óxidos según su composición química

Para facilitar el estudio de la existencia de esta gran variedad de óxidos con diferentes propiedades se hace necesario clasificarlos.

La composición química de las sustancias, determinada por el tipo de átomos y la relación en que ellos se encuentran en la sustancia, es un criterio de gran utilidad para clasificarlas. De acuerdo con este criterio los óxidos se clasifican en óxidos metálicos y óxidos no metálicos, en dependencia de que el otro elemento químico unido al oxígeno sea metálico o no metálico. La Tabla periódica moderna de los elementos químicos es un fiel amigo en el proceso de clasificación de los óxidos teniendo en cuenta este criterio.

Es importante recordar lo expresado en el capítulo anterior:



Importante

La fórmula química es una anotación convencional de la composición de la sustancia por medio de los símbolos químicos y (si es necesario) de subíndices.



Sistematizando

Hasta el momento se ha visto que las sustancias (fig. 3.3) se clasifican atendiendo a su composición química y propiedades en:

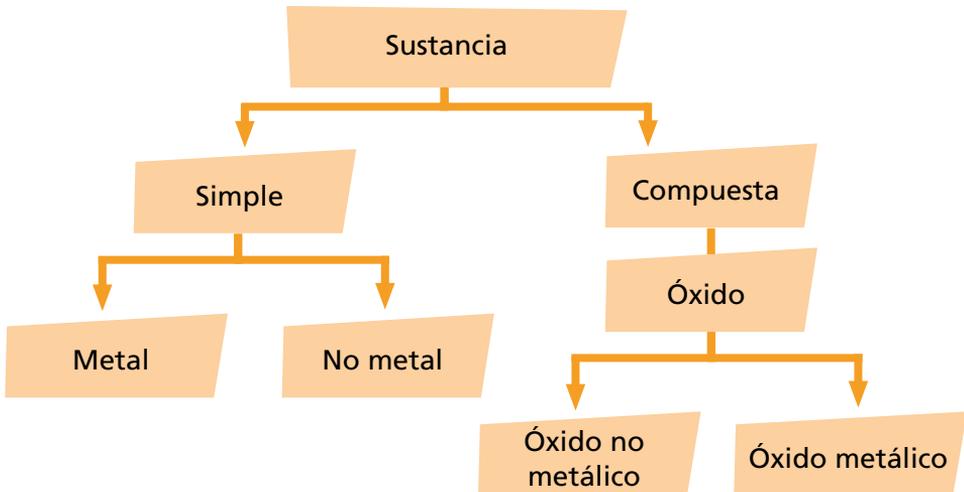


Fig. 3.3 Clasificación de las sustancias según su composición química y propiedades

Comprueba lo aprendido

3.1 Elabora una definición de los conceptos siguientes:

- a) óxido metálico b) óxido no metálico

3.2 Con el uso de la Tabla periódica moderna clasifica los óxidos cuyas fórmulas químicas se relacionan a continuación en óxido metálico y óxido no metálico.



3.3 ¿Cuáles de los óxidos que aparecen en la tabla 3,1 son sólidos a temperatura ambiente? Argumenta.

¿Sabías que...?

El láser de dióxido de carbono, CO_2 , es uno de los láseres más antiguos que existen y sigue teniendo hoy una gran aplicación. Es utilizado en cirugía y en la industria para cortar, soldar y hacer grabados (fig. 3.4). El tipo más simple de este láser es un tubo de descarga con una mezcla de este óxido no metálico con otras sustancias como el dinitrógeno, N_2 , dihidrógeno, H_2 , y el gas noble helio, He , al cual se le hace pasar una descarga eléctrica.



Fig. 3.4 Algunos usos del láser de CO_2

3.2 Los óxidos no metálicos

En el estudio del dioxígeno y el trioxígeno se clasificaron las sustancias puras en simples y compuestas, y se inició el estudio de las primeras, que se agruparon en metales y no metales, se estudiaron algunas de sus propiedades en relación con la composición química, tipo de partícula y enlace químico, así como se mostraron algunas redes moleculares y atómicas de sustancias en estado sólido. En este epígrafe estudiarás el primer tipo de estas sustancias compuestas y darás respuesta a la interrogante: ¿a qué se deben las propiedades de los distintos óxidos no metálicos? Para ello, seguirás ampliando tus conocimientos sobre la estructura química general de estos compuestos y su relación con sus propiedades.

3.2.1 Estructura química de los óxidos no metálicos

Recuerda que los componentes de la estructura química de cualquier sustancia son su composición química, el tipo de partícula que la forma, su ordenamiento espacial y el tipo de enlace químico existente entre los átomos de los elementos químicos que los constituyen. En este estudio se utilizarán modelos de uso muy frecuente en la química, cuyo conocimiento ya has iniciado, entre ellos las calotas y las fórmulas químicas globales, estructurales y electrónicas.

Composición química de los óxidos no metálicos

Las fórmulas químicas representan un modelo muy eficiente para el estudio de los tipos de átomos y en qué proporción ellos se encuentran en las sustancias. Al analizar las fórmulas químicas globales de varios de estos óxidos podrás concluir que la mayoría de los óxidos no metálicos están formados por átomos del elemento químico oxígeno y de otro elemento químico no metálico, en una relación cuantitativa que depende del óxido en cuestión.

Muchos elementos químicos no metálicos forman más de un tipo de óxido no metálico, tal es el caso de los elementos químicos carbono, azufre y nitrógeno, y de esto dependen sus nombres y la diferencia de sus propiedades (tabla 3.2).

Tabla 3.2 Composición química, nombre y propiedades de los óxidos no metálicos del carbono y del azufre

Fórmula química global	Nombre	Elementos químicos y relación en que se encuentran	Propiedades
CO	Monóxido de carbono	Un átomo de oxígeno por cada átomo de carbono	Gas inodoro, incoloro, más denso que el aire y altamente tóxico que puede causar la muerte si se respira en grandes cantidades, pues sustituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre dificultando la transferencia de oxígeno en los tejidos. La única forma de sobrevivir es respirar dioxígeno puro. Se obtiene en la combustión incompleta de muchas sustancias.
CO ₂	Dióxido de carbono	Dos átomos de oxígeno por cada átomo de carbono	Gas inodoro, incoloro y asfixiante en grandes cantidades. Junto al agua y la luz solar participa en el proceso de fotosíntesis de los carbohidratos. En esta reacción química se produce dioxígeno. Regula el calentamiento global de la tierra. En estado sólido constituye el llamado hielo seco.
SO ₂	Dióxido de azufre	Dos átomos de oxígeno por cada átomo de azufre	Gas incoloro, olor característico asfixiante. En presencia del aire y la humedad se transforma lentamente en trióxido de azufre, SO ₃ . Para acelerar esta reacción química se utilizan sustancias llamadas catalizadores. Por sus propiedades desinfectantes se emplea en la industria de vinos y en la industria alimentaria como conservante.
SO ₃	Trióxido de azufre	Tres átomos de oxígeno por cada átomo de azufre	A temperatura ambiente es un gas incoloro contaminante, principal agente formador de las lluvias ácidas.

Tipo de partículas que componen los óxidos no metálicos. Redes cristalinas moleculares y atómicas

En la mayoría de los óxidos no metálicos el tipo de partícula que los forman son moléculas, por lo que se clasifican como sustancias moleculares.

Entre todas las moléculas que constituyen estas sustancias en sus diferentes estados de agregación (gas, líquido y sólido) existen atracciones intermoleculares que las mantienen más o menos unidas. En la figura 3.5 se representan, mediante modelos de calotas, algunos ejemplos de estas sustancias (agua, dióxido de azufre y dióxido de carbono).



Fig. 3.5 Modelos de calotas de algunos óxidos no metálicos

En el estado sólido de los óxidos no metálicos moleculares, las moléculas forman redes cristalinas moleculares. En las aristas de cada cristal se encuentran sus moléculas. Tal es el caso, por ejemplo, del conocido hielo seco (dióxido de carbono sólido) (fig.3.6).

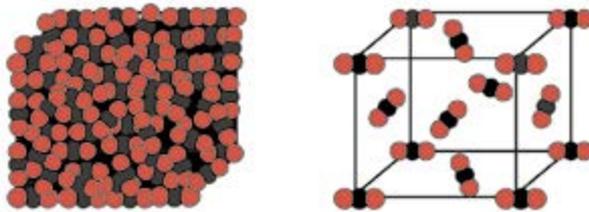


Fig. 3.6 Red cristalina del dióxido de carbono en estado sólido

Como excepción de óxido no metálico no molecular está el dióxido de silicio, SiO₂. Este óxido en estado sólido está constituido por átomos de oxígeno y de silicio formando una red denominada atómica, donde cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno y cada uno de estos últimos a dos de silicio. Por tal motivo, en la naturaleza no se encuentran moléculas de dióxido de silicio. En la figura 3.7 se presenta una muestra de dióxido de silicio en forma de cuarzo, su fórmula química global y su red cristalina atómica.



Fig. 3.7 Muestra de dióxido de silicio en forma de cuarzo y representación de su red cristalina

¿Sabías que...?

Cuando los cristales de dióxido de silicio, SiO_2 , son grandes se les llama cuarzo. Existen distintos tipos de gran belleza por su color rojizo, rosa o negro. Esta variación de color es debido a la existencia de distintas impurezas de elementos metálicos como litio, sodio, potasio o titanio. La arena de sílice está formada por pequeños cristales de cuarzo (fig. 3.8). El cuarzo después del feldespato, es el mineral más abundante en la corteza terrestre y representa un componente esencial de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.



Fig. 3.8 Distintos tipos de cuarzo (izquierda) y arena de sílice (derecha)

Enlace covalente apolar y covalente polar. Electronegatividad. Polaridad de las moléculas de los óxidos no metálicos

En las moléculas de las sustancias simples tales como: dióxígeno, O_2 , dihidrógeno, H_2 , y dinitrógeno, N_2 , los electrones del enlace covalente son igualmente compartidos entre dos átomos de un mismo elemento químico.

En los óxidos no metálicos los átomos de los elementos no metálicos y los del oxígeno se encuentran unidos en la molécula por medio de enlaces químicos covalentes. En estas moléculas los electrones son compartidos entre átomos de distintos elementos químicos.

En la figura 3.9 se representan los enlaces químicos de varios óxidos no metálicos. En estas moléculas los pares de electrones del enlace químico son desigualmente compartidos, siendo más atraídos por los átomos de oxígeno que por los del elemento no metálico.

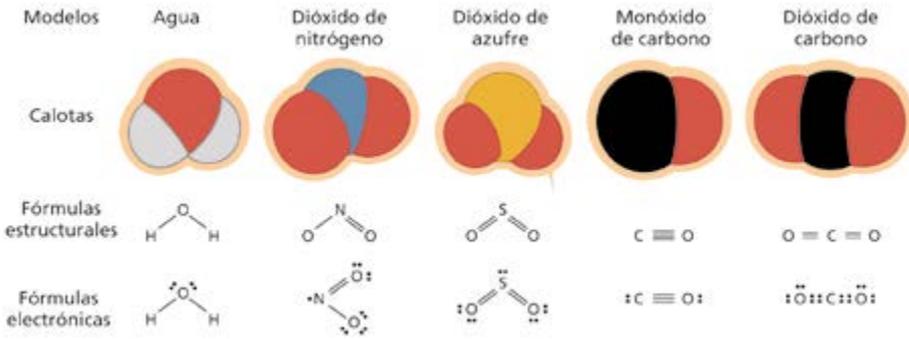


Fig. 3.9 Modelos de calotas de moléculas de óxidos no metálicos

Dado que los átomos de oxígeno atraen más fuertemente los electrones (mayor electronegatividad), la densidad de carga negativa está más desplazada hacia estos átomos, que como resultado adquieren una carga parcial negativa, representada por δ^- , mientras que los átomos de los otros elementos no metálicos adquieren una carga parcial positiva, δ^+ .

El compartimiento desigual de los electrones de un enlace covalente provoca que aparezcan dos polos, uno negativo sobre los átomos que atraen con mayor fuerza los electrones y uno positivo sobre los que ejercen menor atracción sobre los electrones de este tipo de enlace químico. En la figura 3.10 se muestran las fórmulas químicas electrónicas del agua y del dióxido de carbono, en las que se representan las cargas parciales negativa y positiva en los átomos de los elementos químicos.

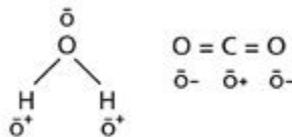


Fig. 3.10 Representación de las cargas parciales de los átomos en el agua y el dióxido de carbono

En la tabla 3.3 aparecen valores numéricos para las electronegatividades de los átomos de los distintos elementos químicos. El oxígeno es uno de los elementos químicos más electronegativos, superado solo por el flúor.



Importante

La electronegatividad es el poder de atracción que un átomo ejerce hacia sí sobre los electrones del enlace químico.

El enlace covalente polar es el enlace covalente en que el o los pares de electrones compartidos se encuentran más atraídos por un átomo que por el otro. Se distingue del que se produce entre átomos de igual electronegatividad que es no polar o también conocido como apolar.

Tabla 3.3 Valores de electronegatividades según escala de Linus Pauling (tomado de *Química General*, Petrucci)

1											13	14	15	16	17		
H 2,1											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0		
2	Li 1,0	Be 1,5											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
	Na 0,9	Mg 1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
	K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
	Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
	Cs 0,8	Ba 0,9	La* 1,1	Hf 1,3	Ta 1,5	W 2,4	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2
	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac† 1,1	*Lantánidos: 1,1-1,3 †Actinidos: 1,3-1,5													

La electronegatividad es una propiedad que se pone de manifiesto cuando los átomos se encuentran enlazados y sus valores ayudan en la predicción del tipo de enlace químico existente entre los átomos.

¿Cómo se sabe si un enlace covalente es no polar o polar?

Un enlace covalente es no polar cuando al unirse los átomos de los elementos químicos la diferencia de electronegatividad está entre cero y 0,4. Tal es el caso de las moléculas de los no metales representadas en la figura 3.12, en que la diferencia de electronegatividad entre los átomos en sus moléculas es cero, por lo que sus enlaces químicos son covalentes apolares.



Algo de historia

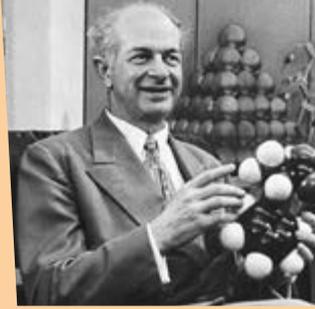


Fig. 3.11

La primera escala de electronegatividad, de las seis existentes, se debió a Linus Carl Pauling (fig. 3.11) por sus trabajos sobre la naturaleza de los enlaces químicos. Le asignó al flúor un valor de electronegatividad de 4,0 y calculó la de los demás elementos químicos en relación con la del flúor. Las escalas que se han creado desde entonces se han ajustado a la de Pauling. El norteamericano Linus Carl Pauling (1901-1994), Premio Nobel de Química en 1954 y Premio Nobel de la Paz en 1962 fue una de las pocas personas que obtuvo dos premios Nobel. Fue bioquímico, cristalógrafo, biólogo molecular e investigador médico y científico versátil. Se destacó en varias ramas de la ciencia e hizo importantes aportes a ella y realizó campañas contra las pruebas nucleares terrestres.

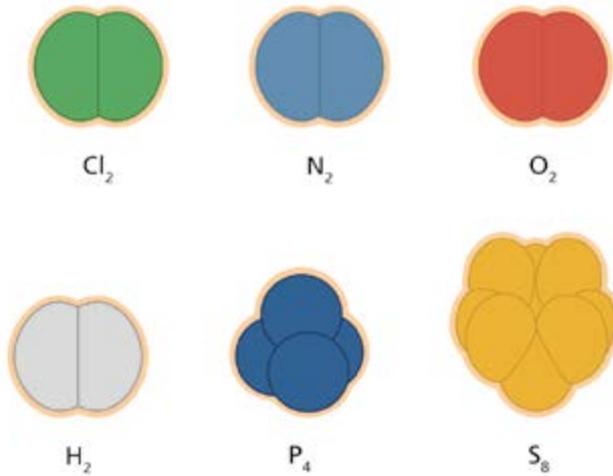


Fig. 3.12 Modelo de calotas y fórmula química global de algunos no metales

El enlace covalente es polar cuando la diferencia entre la electronegatividad de los átomos que se enlazan es mayor que 0,4 y menor que 1,7 con la escala de Pauling. Tal es el caso de la mayoría de los óxidos no metálicos. Ejemplos de estos aparecen en la figura 3.13. Que la diferencia de electronegatividades entre los átomos en sus moléculas se encuentre entre 0,4 y 1,7 conduce a clasificar a los enlaces químicos como covalentes polares.

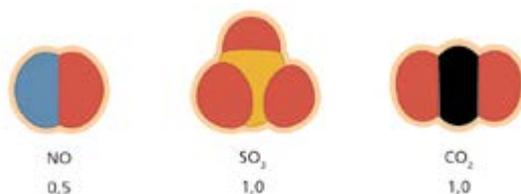


Fig. 3.13 Modelo de calotas de varios óxidos no metálicos



Conoce un poco más

Cuidado con las generalizaciones en la enseñanza de la Química

Los fuegos fatuos que se observan en los cementerios son producto de la descomposición de materia orgánica. En estas reacciones químicas se desprende un gas inflamable llamado fosfamina (PH_3), uno de los causantes de la aparición de luces y chispas en esos lugares (fig. 3.14).

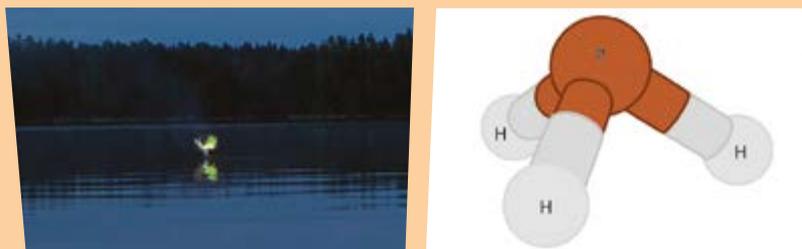


Fig 3.14 Los fuegos fatuos

En la representación de la molécula de fosfamina podrás observar que cada molécula tiene tres enlaces covalentes apolares entre los elementos químicos fósforo e hidrógeno, ya que los átomos de estos dos elementos tienen el mismo valor de electronegatividad. Esto indica que no se debe generalizar que “el enlace covalente apolar es el que existe entre átomos de un mismo elemento químico”, pues también se forma entre átomos de distintos elementos químicos.

Para buscar más información sobre la fosfamina, analizar la información del video ¿Qué son los fuegos fatuos?

¿Cómo se sabe si una molécula es polar o no polar?

El hecho de que el enlace químico entre átomos de dos elementos químicos sea polar no quiere decir que las moléculas que forman las sustancias lo sean. Para ello deberá tenerse en cuenta la simetría de la molécula. Así, por ejemplo, en la molécula de dióxido de carbono, CO_2 , la polaridad de los enlaces carbono-oxígeno queda compensado, debido a la disposición lineal en que se encuentran sus tres átomos, por lo que la molécula en su conjunto no presenta polos resultantes (fig. 3.15).

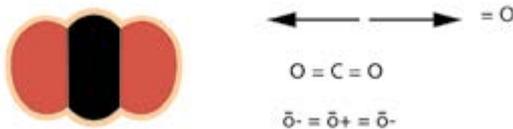


Fig. 3.15 Modelo de calotas de la molécula de dióxido de carbono

A diferencia de las moléculas de dióxido de carbono, CO_2 , en la de agua la diferencia de electronegatividad entre los átomos hace que el enlace químico sea covalente polar y la molécula como tal es asimétrica, tal como aparece en la figura 3.16. Los átomos de hidrógeno no están en línea recta sino formando un ángulo de $104,5^\circ$, por lo que tiene un dipolo resultante que hace que sus moléculas sean fuertemente polares. Esto explica muchas de las propiedades de esta imprescindible sustancia para la vida.



Fig. 3.16 Modelo de calotas de la molécula de agua



Conoce un poco más

La polaridad de las moléculas depende no solo de la presencia de enlaces químicos polares, sino también de la distribución espacial de los átomos en la molécula, y constituye un elemento del conocimiento importante en la explicación de algunas propiedades de las sustancias.

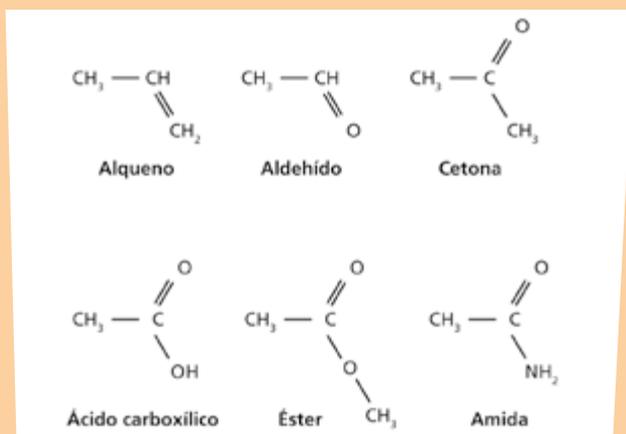
Las relativamente bajas temperaturas de ebullición y de fusión de los óxidos moleculares se deben a que las interacciones entre las moléculas son de poca intensidad y fáciles de vencer. Cuando estas sustancias funden no se rompen los enlaces covalentes entre sus átomos, sino que solo se vencen las interacciones atractivas moleculares.

A medida que las moléculas presenten una mayor polaridad, sus temperaturas de fusión y de ebullición serán también mayores, ya que la atracción entre las moléculas es más intensa, como consecuencia de la atracción electrostática entre el extremo positivo de una molécula y el extremo negativo de la otra.



Reflexiona

Analiza detenidamente las fórmulas químicas estructurales que aparecen en la figura 3.17, en que cada guion representa un par de electrones compartidos. Observa la existencia de los enlaces covalentes simples ($-$), dobles ($=$) y triples (\equiv), al compartir uno, dos o tres pares de electrones, dadas las características de la estructura electrónica de los átomos de los elementos no metálicos que se enlazan. Existen muchas sustancias orgánicas con dobles y triples enlaces covalentes polares entre el carbono y el hidrógeno, como las representadas en esta figura.



Comprueba lo aprendido

- 3.4 ¿A qué se denomina enlace covalente polar?
- 3.5 ¿Qué es la electronegatividad?
- 3.6 ¿Cuáles son los cuatro componentes de la estructura química de las sustancias? Ejemplifica con los óxidos no metálicos.
- 3.7 ¿A qué se deben las relativamente bajas temperaturas de fusión y de ebullición de la mayoría de los óxidos no metálicos?
- 3.8 ¿Qué valiosa información tienen las fórmulas estructurales y las fórmulas electrónicas para el estudio de la estructura de las sustancias simples y compuestas?

- 3.9** Compara las estructuras químicas del dióxido de carbono, CO_2 , y del agua, H_2O , a partir de los aspectos siguientes:
- composición química de sus moléculas;
 - tipo de enlace químico entre los átomos que forman sus moléculas;
 - distribución espacial de los átomos que forman las moléculas;
 - polaridad de sus moléculas.
- 3.10** ¿Por qué el agua tiene temperaturas de fusión y de ebullición mayor que la del dióxido de carbono CO_2 ?
- 3.11** Compara la estructura cristalina del diamante (ver fig. 2.29) con la del dióxido de silicio, SiO_2 (ver fig.3.4).
- ¿Qué tipo de enlace químico une a los átomos en estas redes cristalinas?
 - ¿Tiene el dióxido de silicio, SiO_2 , una temperatura de fusión elevada o relativamente baja? Explica.

3.2.2 Nomenclatura y notación química de los óxidos no metálicos

Las sustancias suelen designarse, tanto por su nombre como por su fórmula química global. Los nombres de algunas sustancias son tan “informativos” como sus fórmulas químicas, pero en otros casos, sobre todo para algunas sustancias, sus nombres comunes (agua, amoníaco, metano, etc.), proporcionan poca o ninguna información sobre la composición química de la sustancia.



De la historia

A principios del siglo XIX John Dalton (fig. 3.18) representó los átomos con un sistema de figuras. Más tarde Jöns Jacob Berzelius (fig. 3.19) creó un sistema de símbolos para representar los elementos químicos que fueron utilizados en la escritura de fórmulas químicas y ecuaciones químicas. Partió de la necesidad de que esos símbolos químicos fueran letras para hacer más fácil su escritura. En las fórmulas químicas de compuestos binarios separaba las partes del compuesto con un signo más. Por ejemplo, lo que hoy es la fórmula química del dióxido de azufre, SO_2 , en una primera etapa la representó como $(\text{S} + 2\text{O})$ y más tarde con superíndices (SO^2) , en lugar del subíndice utilizado en la actualidad (SO_2) .

Notación química de los óxidos no metálicos

Al escribir la fórmula química global de los óxidos no metálicos se escribe primero el símbolo del elemento no metálico y a continuación el del oxígeno. Se colocan subíndices de acuerdo con el número de átomos que hay de cada elemento químico (tabla 3.5).

Tabla 3.5 Fórmula química global y nombre de algunos óxidos no metálicos

Fórmula química	Nombre
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono
I ₂ O ₅	pentóxido de yodo
SO ₃	trióxido de azufre
SO ₂	dióxido de azufre
NO	monóxido de nitrógeno
I ₂ O ₇	heptóxido de yodo

Comprueba lo aprendido

3.12 ¿Cuáles de los óxidos que aparecen en la tabla 3.1 son óxidos no metálicos? Argumenta.

3.13 ¿Cómo se nombran y cómo se formulan los óxidos no metálicos?

3.14 Escribe el nombre de los óxidos no metálicos cuyas fórmulas químicas globales se presentan a continuación:

- a) CO b) N₂O c) I₂O₃ d) NO₂ e) Cl₂O₇ f) P₂O₅

3.15 Escribe la fórmula química global de los óxidos no metálicos siguientes:
a) dióxido de azufre b) pentóxido de dicloro c) monóxido de nitrógeno

3.16 ¿En qué relación cuantitativa y cualitativa se encuentran los elementos químicos de los óxidos no metálicos cuyas fórmulas son:

- a) N₂O b) I₂O₃ c) Cl₂O₇ d) P₂O₅ e) H₂O

3.3 Los óxidos metálicos

El dióxígeno gaseoso no solamente reacciona con los no metales formando los óxidos no metálicos, sino que lo hace también con muchos metales produciendo los óxidos metálicos.

Esta propiedad del dióxígeno ocasiona grandes perjuicios a la economía de los países, pues son millones las toneladas de metales que se pierden producto de su oxidación.

3.3.1 Estructura química de los óxidos metálicos

La mayoría de los óxidos metálicos son sustancias sólidas con elevadas temperaturas de fusión y de ebullición, y están formados por cristales distintos a los moleculares y atómicos. En este tipo de óxido que estudiarás también sus propiedades dependen de su estructura química (fig. 3.20).



Fig. 3.20 Muestras de algunos óxidos metálicos

Composición química de los óxidos metálicos

Si observas las fórmulas químicas globales de los óxidos metálicos mencionados verás que cada una de estas sustancias está formada por dos elementos químicos, uno de los cuales es el oxígeno y el otro un elemento metálico.

El óxido de magnesio (fig. 3.21), por ejemplo, es un sólido blanco de elevada temperatura de fusión, 2 642 °C. Esta propiedad permite predecir que dicho óxido no es una sustancia molecular.



Fig. 3.21 Una muestra de óxido de magnesio, MgO

Tipo de partículas que componen los óxidos metálicos. Redes cristalinas iónicas

El óxido de magnesio (MgO) no está formado por moléculas, sino por otras partículas denominadas *iones*. Los iones se forman cuando un átomo pierde o gana electrones, de acuerdo con esto los iones pueden ser positivos (cationes) o negativos (aniones) respectivamente (fig. 3.22).

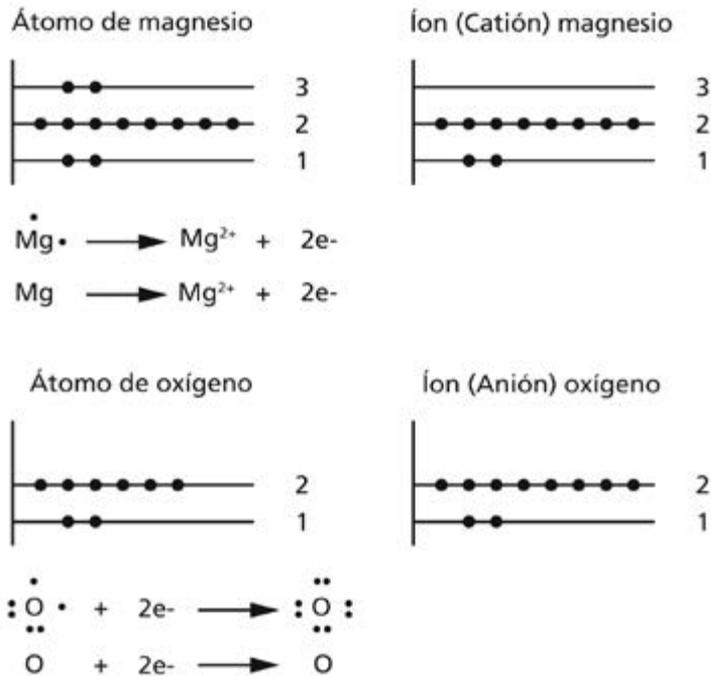


Fig. 3.22 Representaci3n de la formaci3n de iones magnesio (Mg²⁺) y 3xido (O²⁻)

El óxido de magnesio (MgO) está constituido por iones magnesio con dos cargas eléctricas positivas, Mg^{2+} , y por iones óxidos con dos cargas eléctricas negativas, O^{2-} , formando una red como la que aparece en la figura 3.23. Como se observa, los símbolos químicos de los cationes o los aniones se representan con los símbolos químicos de los elementos químicos con su carga (positiva o negativa) en la parte superior derecha de este.

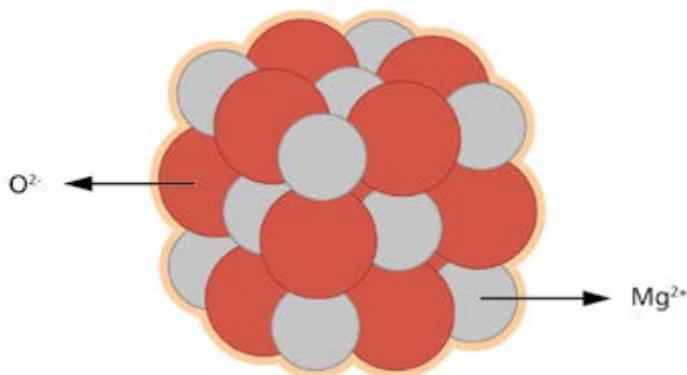


Fig. 3.23 Modelo de red cristalina iónica del óxido de magnesio (MgO)

! Importante

Se denomina red iónica a aquella que es cristalina y está constituida por iones positivos y negativos. La sustancia con esta estructura química se nombra sustancia iónica.

El enlace iónico en los óxidos metálicos

En el cristal de óxido de magnesio (MgO) cada ion óxido (O^{2-}) está rodeado por seis iones magnesio (Mg^{2+}) y viceversa, de manera que el cristal se extiende en todas las direcciones del espacio y el número de iones depende de su tamaño. Los iones magnesio (Mg^{2+}) y los iones óxido (O^{2-}) se mantienen unidos por la fuerte atracción de sus cargas eléctricas contrarias.

! Importante

El enlace iónico es el enlace químico que existe entre iones de cargas eléctricas contrarias.

Los cristales de óxido de magnesio (MgO) pueden tener un mayor o menor número de iones, en dependencia de su tamaño, pero en todos los casos por cada ion óxido (O^{2-}) hay un ion magnesio (Mg^{2+}); de ahí que su carga eléctrica resultante es nula.

Otros óxidos metálicos, tales como los de los elementos químicos de los grupos IA (1) y IIA (2) de la Tabla periódica moderna, entre otros, están constituidos por iones O^{2-} e iones metálicos unidos por la fuerte atracción de sus cargas eléctricas.



Reflexiona

La polaridad de un enlace químico aumenta con la diferencia de electronegatividad de los átomos de los elementos químicos que forman la molécula, lo cual determina que el enlace químico sea covalente no polar o polar hasta el valor de 1,7. ¿Qué ocurriría cuando la diferencia de electronegatividad supere este valor, por ejemplo, en el caso de la sustancia formada por átomos de sodio y de oxígeno? Argumenta.

El enlace iónico es característico de aquellos óxidos cuyos elementos metálicos tienen valores pequeños de electronegatividad y, por tanto, la diferencia de esta entre ellas es mayor que 1,7.



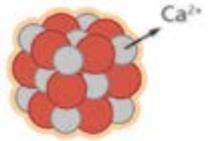
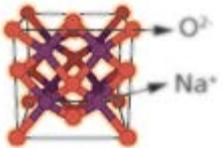
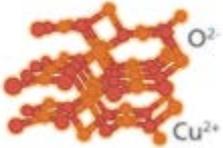
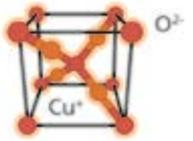
Importante

En la medida en que los átomos de los elementos metálicos tengan mayor electronegatividad el carácter iónico del enlace químico con el oxígeno disminuye y aumenta el carácter covalente polar de estos enlaces químicos, como ocurre en el óxido de aluminio, Al_2O_3 , y el óxido de zinc, ZnO.

La estructura química de los óxidos metálicos, en la que los iones o átomos parcialmente cargados se mantienen unidos en virtud de fuertes atracciones electrostáticas que se extienden en todas las dimensiones en el cristal, es la causa de que la mayoría de estas sustancias sean sólidos de elevadas temperaturas de fusión. Esto muestra un ejemplo más de la relación entre la estructura de las sustancias y sus propiedades.

En los cristales iónicos, como el del óxido de magnesio, MgO, no existen moléculas, por lo que las fórmulas químicas de estas sustancias solo indican la menor relación que hay entre el número de partículas (iones). Por ejemplo, la fórmula química MgO informa que en la sustancia óxido de magnesio por cada ión (catión) magnesio hay un ion (anión) óxido. Este tipo de fórmula química se le denomina fórmula química empírica (tabla 3.6).

Tabla 3.6 Información que se obtiene de las fórmulas químicas de compuestos iónicos

Nombre de la sustancia	Red cristalina iónica	Fórmula química empírica	Información que brinda (mínima relación entre los iones presentes)
Óxido de calcio		CaO	En la sustancia óxido de calcio, por cada catión calcio hay un anión óxido.
Óxido de sodio		Na ₂ O	En la sustancia óxido de sodio, por cada dos cationes sodio hay un anión óxido.
Óxido de cobre (II)		CuO	En la sustancia óxido de cobre (II), por cada un catión cobre dos más hay un anión óxido.
Óxido de cobre (I)		Cu ₂ O	En la sustancia óxido de cobre (I), por cada dos cationes cobre uno más hay un anión óxido.

⚡ Sistematizando

- ▶ Se ha visto hasta el momento que las sustancias, según las partículas que la constituyen, pueden ser moleculares, atómicas e iónicas.
- ▶ Los enlaces químicos pueden ser de tres tipos: covalente (polar y apolar), metálico e iónico.
- ▶ Los sólidos pueden ser agregados atómicos, moleculares o iónicos en correspondencia con las características de las redes cristalinas que los constituyan.
- ▶ Las propiedades de los óxidos no metálicos y de los óxidos metálicos, al igual que en las sustancias simples, dependen de su estructura química.

Comprueba lo aprendido

3.17 Plantea la diferencia existente entre los enlaces covalente apolar, covalente polar e iónico.

3.18 Define los conceptos enlace iónico y electronegatividad.

3.19 ¿Cómo predecir mediante los valores de electronegatividad el tipo o los tipos de enlace químico que unen a los átomos en una sustancia?

3.20 Acerca de los óxidos metálicos di:

- ¿Qué partículas forman estas sustancias?
- ¿Qué nombre recibe el enlace químico entre estas partículas?
- ¿Cuál es la característica fundamental de este tipo de enlace químico?

3.21 ¿Por qué la mayoría de los óxidos metálicos son sólidos de elevadas temperaturas de fusión?

3.22 Describe la información cualitativa y cuantitativa que puede obtenerse de las fórmulas químicas siguientes:

- CaO
- Na₂O
- CO

3.23 Elabora en tu cuaderno tres mapas conceptuales que recojan los tres primeros planteamientos de la última etiqueta "sistematizando".

3.3.2 Nomenclatura y notación química de los óxidos metálicos. Número de oxidación

Ya se ha visto que para escribir una fórmula química de una sustancia es necesario conocer su composición cualitativa y cuantitativa.

En los compuestos iónicos es posible establecer la composición cuantitativa si se conocen las cargas de los iones que lo constituyen. Por ejemplo, en el óxido de potasio, si se conoce que el ion óxido tiene carga 2⁻ (O²⁻) y que los iones potasio tienen carga 1⁺ (K¹⁺) como la carga resultante es nula, puede establecerse en qué sustancia debe haber dos iones potasio por cada ion óxido, por lo que su fórmula es K₂O. Este procedimiento puede usarse para formular los óxidos no metálicos cuando no se conocen

VA (15)	N	5+ 4+ 3+ 2+ 1+ 3-
	P	5+ 3+ 3-
VIA (16)	O	2-
	S	6+ 4+ 2+ 2-
VIIA (17)	F	1-
	Cl, I	7+ 5+ 3+ 1+ 1-
	Br	5+ 3+ 1+ 1-
ELEMENTOS DE TRANSICIÓN		
VIB (6)	Cr	3+ 2+
VIIIB (7)	Mn	7+ 6+ 4+ 3+ 2+
VIIIB (8, 9, 10)	Fe, Co, Ni	3+ 2+
IB (11)	Cu	2+ 1+
	Ag	1+
	Au	3+ 1+
IIB (12)	Zn	2+
	Hg	2+ 1+

¿Sabías que...?

El profesor cubano Román Galán Sánchez en su libro titulado *Química General*, escrito en los años 40 del siglo xx, expresó "es indispensable saberse muy bien de memoria los símbolos y las valencias de los principales elementos. Es de las pocas cosas que hay que aprender puramente de memoria en Química, pero es tan indispensable como el saber la tabla de multiplicar para el que quiera estudiar matemática".

Para calcular el número de oxidación de un elemento químico en un compuesto se utilizan reglas, entre ellas las que aparecen a continuación:

Algunas reglas para calcular el número de oxidación

1. En las sustancias simples el número de oxidación de cualquiera de sus átomos es cero.

se coloca un número romano entre paréntesis después del nombre, indicando el valor de este (tablas 3.9 y 3.10).

Tabla 3.9 Fórmula química y nombre de algunos óxidos metálicos

Fórmula química	Nombre
Na_2O	óxido de sodio
Al_2O_3	óxido de aluminio
FeO	óxido de hierro (II)
Fe_2O_3	óxido hierro (III)

Tabla 3.10 Números arábigos y romanos

Números arábigos	Números romanos
1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII

Notación química de los óxidos metálicos

Para escribir la fórmula química de los óxidos metálicos se debe conocer el número de oxidación del elemento metálico y recordar que el del oxígeno en los óxidos es siempre 2-. Con estos datos se procede de la forma siguiente (tabla 3.11):

Tabla 3.11 Procedimiento para escribir la fórmula química de los óxidos metálicos

Pasos que se deben seguir	Óxido de calcio	Óxido de cobre (I)	Óxido de aluminio
1. Se escribe primero el símbolo químico del elemento metálico y después el del oxígeno. Se escribe en la parte superior de cada símbolo químico el número de oxidación correspondiente.	$2+ \quad 2-$ CaO	$1+ \quad 2-$ CuO	$3+ \quad 2-$ AlO
2. La suma algebraica de los números de oxidación es cero, por lo que se coloca, como subíndice del oxígeno, el valor absoluto del número de oxidación del elemento metálico y, como subíndice del elemento metálico, el valor absoluto del número de oxidación del oxígeno.	$2+ \quad 2-$ Ca_2O_2	$1+ \quad 2-$ Cu_2O	$3+ \quad 2-$ Al_2O_3
3. Si los subíndices son divisibles por un mismo número se simplifica para obtener la relación más sencilla. El subíndice uno no se escribe en la fórmula química global.	$2+ \quad 2-$ Ca_2O_2 CaO	$1+ \quad 2-$ Cu_2O	$3+ \quad 2-$ Al_2O_3

El procedimiento descrito para escribir las fórmulas químicas de los óxidos metálicos también es aplicable a los óxidos no metálicos. Por ejemplo, el azufre puede formar óxidos en los que presenta números de oxidación 4+ y 6+, por lo que sus fórmulas químicas moleculares serían SO_2 y SO_3 , respectivamente (tabla 3.12).

Tabla 3.12 Óxidos de azufre y números de oxidación de los elementos químicos que los forman

$4+$ S	$6+$ S
$4+ \quad 2-$ $\text{S} \quad \text{O}$	$6+ \quad 2-$ $\text{S} \quad \text{O}$
$4+ \quad 2-$ $\text{S}_2 \quad \text{O}_4$	$6+ \quad 2-$ $\text{S}_2 \quad \text{O}_6$
SO_2	SO_3

Comprueba lo aprendido

- 3.24** ¿A qué se denomina número de oxidación?
- 3.25** Elabora una definición de óxido que incluya la característica esencial de que el oxígeno en todos ellos tiene número de oxidación 2-.
- 3.26** Determina el número de oxidación del elemento químico cuyo símbolo químico está subrayado en las fórmulas químicas de los óxidos siguientes:
 a) CaO b) Na₂O c) SO₃ d) Fe₂O₃ e) NO₂ f) Cl₂O₇ g) P₂O₅
- 3.27** Clasifica los óxidos anteriormente representados teniendo en cuenta su composición química y propiedades.



Conoce un poco más

El peróxido de hidrógeno, H₂O₂, otro tipo de sustancia binaria del oxígeno.

Esta sustancia, mal llamada "agua oxigenada", es muy conocida por sus diversos usos en medicina, como blanqueador del pelo, de telas y del papel, y como combustible de cohetes. Es muy polar y se descompone lentamente en dióxigeno y agua.

Esta reacción química puede ser acelerada por sustancias conocidas como catalizadores. Al añadir una disolución de peróxido de hidrógeno a una herida infestada las enzimas presentes aceleran su descomposición, observándose un burbujeo de dióxigeno (fig. 3.24). El número de oxidación del oxígeno en esta sustancia es 1-, al igual que en todos los peróxidos. También existen los superóxidos, en los que el oxígeno tiene número de oxidación 1/2 -.

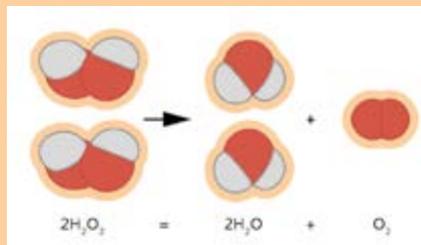


Fig. 3.24 Descomposición del peróxido de hidrógeno

La descomposición del peróxido de hidrógeno es utilizada en interesantes experimentos químicos. Observa el vídeo: El genio de la botella mediante el link: <https://www.youtube.com/watch?v=ufWrtTyaVQM>

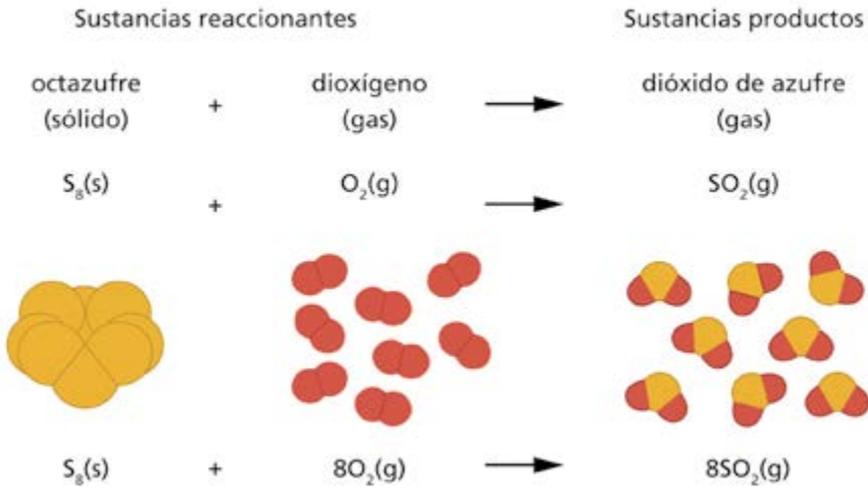


Fig. 3.25 Uso de diferentes modelos para llegar a la escritura de la ecuación química



Reflexiona

Observa detenidamente la información que ofrece cada uno de los modelos de la representación de la reacción química entre el octazufre y el dioxígeno. ¿Qué semejanza y diferencia encuentras entre el esquema con fórmulas químicas y la ecuación química de una reacción química?

A diferencia de los esquemas con palabras y con fórmulas químicas utilizados para representar las reacciones químicas, en las ecuaciones químicas es necesario proceder de la forma siguiente (tabla 3.13):

Tabla 3.13 Procedimiento para escribir ecuaciones químicas

Pasos que se deben seguir	Ejemplo
Cada sustancia reaccionante y producto se representa por su fórmula química, escribiéndose de esta manera el esquema con fórmulas químicas de la reacción química ocurrida.	$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$

Los estados de agregación de las distintas sustancias se indican colocando, a la derecha de las fórmulas químicas y entre paréntesis, las letras s, l, g, según sean sólidas, líquidas o gaseosas. En el caso de las sustancias en disolución acuosa se escribe (ac).	$H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$
Se comprueba si es igual el número de átomos de cada elemento químico a ambos lados.	$H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$ H: 2 átomos H: 2 átomos O: 2 átomos O: 1 átomo
Si es necesario se iguala el número de átomos de cada elemento químico que aparece en ambos lados, colocando, delante de las fórmulas químicas, números denominados coeficientes.	$2 H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ H: 4 átomos H: 4 átomos O: 2 átomos O: 2 átomos
Se sustituye la saeta, entre las sustancias reaccionantes y productos, por un signo igual.	$2 H_2(g) + O_2(g) = 2 H_2O(l)$

Al procedimiento de colocar coeficientes delante de las fórmulas químicas de las sustancias al escribir una ecuación química, de forma que sea igual el número de átomos de cada elemento químico en cada miembro, se le denomina **ajuste**.



Importante

En el ajuste para escribir una ecuación química nunca se deben modificar los subíndices, sino colocar coeficientes delante de las fórmulas químicas.

Existen distintos procedimientos para realizar el ajuste al escribir una ecuación química (fig. 3.26).

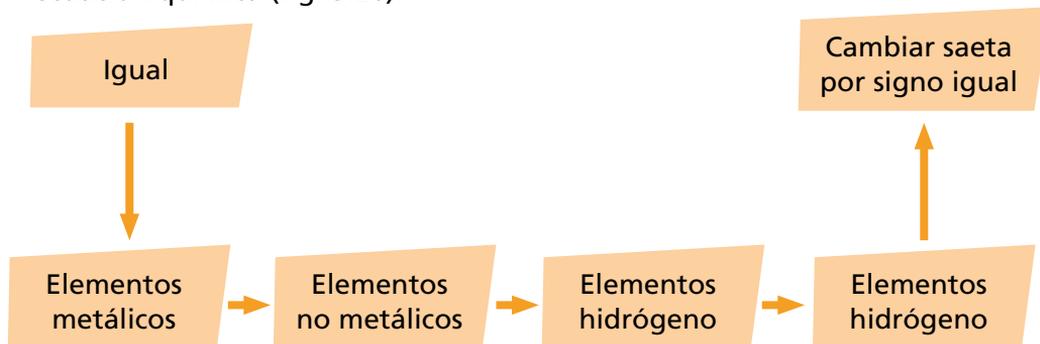


Fig. 3.26 Un procedimiento para hacer el ajuste al escribir una ecuación química

El ajuste por tanteo es el más utilizado y puede realizarse en el orden siguiente:

1. Iniciar el ajuste igualando a ambos lados del esquema con fórmulas químicas los átomos de los elementos químicos metálicos.
2. Igualar los átomos de los elementos químicos no metálicos que no sean el hidrógeno y el oxígeno.
3. Igualar el número de átomos de hidrógeno en las sustancias reaccionantes y productos.
4. Por último, igualar el número de átomos de oxígeno presentes en las sustancias reaccionantes con los productos.
5. Cambiar la saeta (\longrightarrow) por el signo igual ($=$).

Las ecuaciones químicas expresan, de un punto de vista cualitativo, la naturaleza de las sustancias que reaccionan y se producen, y del cuantitativo, la relación entre el número de partículas que intervienen en una reacción química (tabla 3.14).

Tabla 3.14 Interpretación cualitativa y cuantitativa de la ecuación química de una reacción química

Sustancias reaccionantes		Sustancias productos	
$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$		$= 2 \text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$	
Interpretación cualitativa	El dinitrógeno gaseoso reacciona con el dióxígeno gaseoso produciendo monóxido de nitrógeno gaseoso. Esta reacción química es endotérmica.		
Interpretación cuantitativa	Por cada molécula de dinitrógeno reacciona una molécula de dióxígeno y se producen dos moléculas de monóxido de nitrógeno.		
Sustancias reaccionantes		Sustancias productos	
$2 \text{Mg}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$		$= 2 \text{MgO}(\text{s}) \quad \Delta H < 0$	
Interpretación cualitativa	El magnesio sólido reacciona con el dióxígeno gaseoso produciendo óxido de magnesio sólido. Esta reacción química es exotérmica.		
Interpretación cuantitativa	Por cada dos átomos de magnesio reacciona una molécula de dióxígeno y forman dos entidades elementales de óxido de magnesio, constituidas cada una por un ion magnesio, Mg^{2+} , y un ion óxido, O^{2-} .		

Comprueba lo aprendido

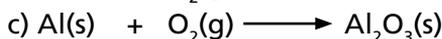
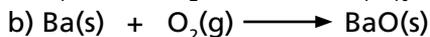
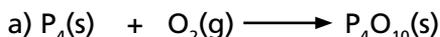
3.28 ¿Qué es una ecuación química?

3.29 Establece la diferencia esencial entre un esquema con fórmulas químicas de una reacción química y su ecuación química.

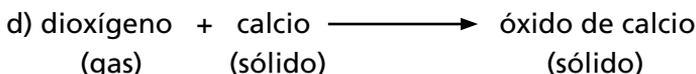
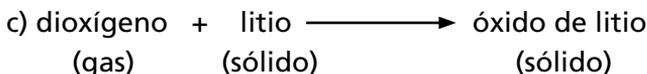
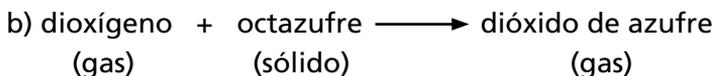
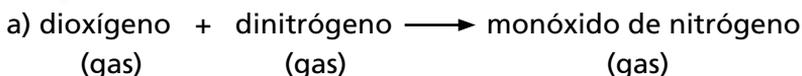
3.30 ¿Por qué toda ecuación química tiene que estar ajustada?

3.31 Plantea el procedimiento a seguir para escribir una ecuación química y para ajustarla por tanteo.

3.32 Ajusta los siguientes esquemas con fórmulas químicas para escribir las ecuaciones químicas correspondientes:



3.33 Escribe las ecuaciones químicas que representen las transformaciones siguientes:

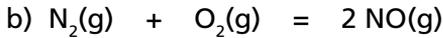
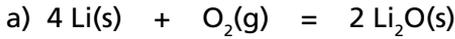


3.34 Escribe las ecuaciones químicas correspondientes a las reacciones químicas siguientes:

a) En la combustión completa del carbono en atmósfera de dioxígeno se produce dióxido de carbono.

b) El gas metano, CH_4 , principal componente del gas natural, arde en atmósfera de dióxígeno en una combustión completa, formándose dióxido de carbono y agua.

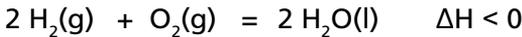
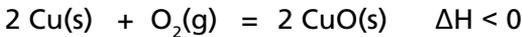
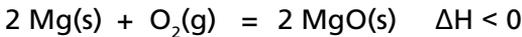
3.35 ¿Qué interpretación cualitativa y cuantitativa expresa cada una de las ecuaciones químicas que se ofrecen a continuación?



3.4.2 Obtención de los óxidos.

Reacciones químicas de oxidación-reducción

La mayoría de los óxidos pueden obtenerse por reacción química directa del metal o del no metal con el dióxígeno.



¿Sabías que...?

Los óxidos de los elementos químicos de los grupos VIIA (17) y IA (1), de la Tabla periódica moderna, excepto el litio, no pueden obtenerse por reacción química directa con el dióxígeno.

En la primera de las reacciones químicas representadas, tanto los átomos que forman la red metálica del magnesio como los átomos de oxígeno en las moléculas de dióxígeno, son neutros. La sustancia producto, óxido de magnesio, está constituida por iones óxido, O^{2-} , e iones magnesio, Mg^{2+} (fig. 3.27).

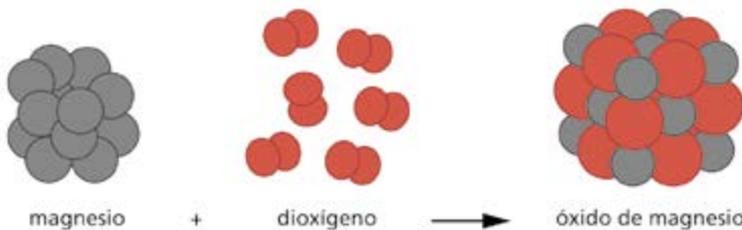


Fig. 3.27 Representación de la reacción química del magnesio con el dióxígeno

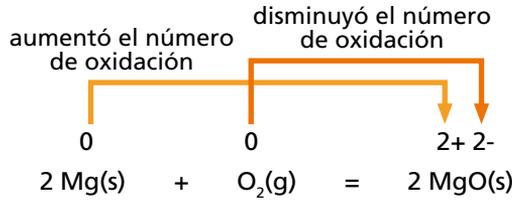


Fig. 3.30 Representación de la reacción química del metal magnesio con el dióxígeno

En ese análisis se han considerado las reglas para calcular el número de oxidación, en particular la primera: el número de oxidación de los átomos en las sustancias simples es cero, la tercera: el número de oxidación del oxígeno es 2- en los óxidos y la cuarta: la suma algebraica de los números de oxidación de todos los átomos en la fórmula química de una sustancia es cero. Además, se sabe que el número de oxidación del magnesio (ion magnesio) es 2+.

En todas las reacciones químicas de obtención de óxidos a partir del dióxígeno con otra sustancia simple tienen lugar desplazamientos de electrones. En unos casos, como en la obtención de óxido de magnesio, MgO, ocurre una transferencia de electrones de unos átomos a otros formándose los iones correspondientes. En otros casos, la diferencia de electronegatividad entre los átomos es más pequeña y resulta la formación de un enlace covalente polar en que se produce una pérdida y ganancia aparente de electrones, como se muestra en la figura 3.31 para el caso del agua en que tiene lugar una pérdida y ganancia aparente de electrones entre los átomos de hidrógeno y oxígeno.

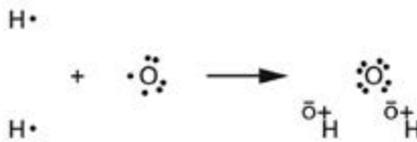


Fig. 3.31 Representación de la formación de un enlace covalente polar en la molécula de agua

En la molécula de agua los electrones son más atraídos por los átomos de oxígeno (ganancia aparente de electrones) y menos atraídos por los átomos de hidrógeno (pérdida aparente de electrones).

Es evidente que cuando un átomo gana electrones es necesario que otro átomo los pierda. La oxidación y la reducción son procesos contrarios indisolublemente unidos que tienen lugar de forma simultánea.



Importante

La reacción de oxidación-reducción es la que ocurre con pérdida y ganancia (real o aparente) de electrones, lo cual provoca una variación en los números de oxidación y, con esto, el rompimiento y formación de nuevos enlaces químicos. Las reacciones de oxidación-reducción se les denominan también reacciones redox.



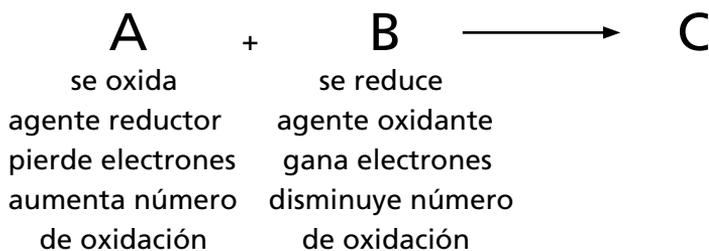
Importante

En las reacciones químicas que estudiarás el agente reductor es el reactivo que pierde electrones real o aparentemente (se oxida).

El agente oxidante es el que gana electrones, real o aparentemente (se reduce).

Es decir, el reactivo que se oxida hace que otro se reduzca y viceversa. Por eso la primera es un agente reductor y la segunda un agente oxidante.

Lo anterior se puede representar esquemáticamente así:



Sistematizando

- ▶ La ocurrencia de una reacción química trae como resultado la formación de nuevas sustancias con nuevas propiedades. Estas nuevas sustancias se forman como producto del rompimiento de los enlaces químicos existentes en las sustancias reaccionantes y la formación de otros nuevos entre los átomos de los elementos químicos constituyentes de las sustancias reaccionantes.

- ▶ Las reacciones químicas pueden ser representadas abreviadamente por las ecuaciones químicas, las cuales nos permiten estudiar el fenómeno químico, tanto cualitativa como cuantitativamente.
- ▶ En las reacciones químicas de redox que estudiarás una de las sustancias reaccionantes actúa como agente oxidante y la otra como agente reductor, como resultado de la pérdida y ganancia de electrones que provoca una variación de los números de oxidación de los átomos de los elementos químicos.

Comprueba lo aprendido

3.36 Define los conceptos siguientes:

- a) oxidación;
- b) reducción;
- c) reacción de oxidación-reducción;
- d) agente oxidante;
- e) agente reductor.

3.37 ¿Por qué una pérdida de electrones provoca un aumento en el número de oxidación y la ganancia de electrones una disminución en el número de oxidación?

3.38 Argumenta la afirmación siguiente: “La oxidación y la reducción son procesos contrarios indisolublemente unidos”.

3.39 El bario es un metal tan activo que no existe en estado libre en la naturaleza (fig. 3.34). Al aire se oxida violentamente produciendo el óxido correspondiente. Escribe la ecuación química de esta reacción química.



Fig. 3.34 Muestra del metal bario, Ba(s)

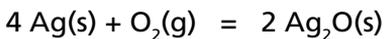
3.40 Escribe las ecuaciones químicas correspondientes a las reacciones de obtención de óxidos por la reacción química directa del dióxigeno con las sustancias simples presentadas en la figura 3.35:



Fig. 3.35 Muestras de los metales silicio (Si), zinc (Zn) y aluminio (Al)

Escribe el nombre de los óxidos obtenidos.

3.41 Si la ecuación química de la reacción del dióxigeno con la plata es:



- Determina el número de oxidación de cada elemento químico, tanto en las sustancias reaccionantes como en los productos.
- Nombra el agente oxidante y el agente reductor.

Desafío

Ejemplifica, con una reacción química de obtención de un óxido no metálico, la ocurrencia del rompimiento y la formación de enlaces químicos entre los átomos de los elementos químicos que participan en ella. Compárala con la reacción química de combustión del magnesio en el aire.

3.4.3 Los óxidos como agentes reductores y agentes oxidantes. Aplicaciones

Los óxidos, al ser tan comunes y variados, sus aplicaciones también lo son y estas dependen de sus propiedades específicas. Como veremos en este epígrafe, sus propiedades reductoras y oxidantes son la base de muchas de sus aplicaciones, fundamentalmente en la industria.

Propiedades reductoras

Los óxidos, en los que el elemento químico unido al oxígeno tiene la posibilidad de presentar un número de oxidación mayor, pueden oxidarse actuando como agentes reductores. Por ejemplo (tabla 3.15):

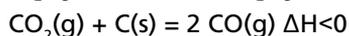
Tabla 3.15 Óxidos que pueden actuar como agentes reductores

Óxidos	Reacción redox	Agente reductor
$\overset{2+}{\text{CO}} \overset{4+}{\text{CO}_2}$	$2 \text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H < 0$	CO
$\overset{2+}{\text{FeO}} \overset{3+}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$4 \text{FeO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \Delta H < 0$	FeO
$\overset{4+}{\text{SO}_2} \overset{6+}{\text{SO}_3}$	$2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{SO}_3(\text{g}) \Delta H < 0$	SO ₂

Las condiciones para que se produzcan estas reacciones químicas varían. Por ejemplo, unos óxidos se oxidan por simple exposición al aire, mientras otros deben calentarse en atmósfera de dióxigeno o ser sometidos a otras condiciones.

Propiedades oxidantes

Los óxidos pueden ser reducidos al reaccionar con distintas sustancias que actúan como agentes reductores, como pueden ser: el hidrógeno, el monóxido de carbono, algunos metales y el carbono. En estas reacciones químicas los óxidos actúan como agentes oxidantes (fig. 3.36).



} Obtención de metales

Fig. 3.36 Los óxidos actúan como agentes oxidantes



Reflexiona

Observa en las ecuaciones químicas anteriores que cuando el óxido reaccionante es metálico en la reacción química se obtiene el elemento metálico que acompaña al oxígeno en forma de metal libre. ¿Qué aplicación industrial de estos óxidos se revela al analizar estas ecuaciones químicas?

Aplicaciones de algunos óxidos

Ya se ha visto el vínculo existente entre las propiedades de las sustancias y sus propiedades. Como una muestra de esta relación causa-efecto se presentan aplicaciones de un grupo de óxidos, tanto no metálicos como metálicos, y su relación con sus propiedades, las cuales revelan la gran importancia que tienen este tipo de sustancia en el mundo actual.

El dióxido de silicio, SiO_2 , conocido también como sílice, es el componente fundamental para la producción de vidrio de cuarzo y del vidrio común (fig. 3.37).



Fig. 3.37 Fotos de un cristal de cuarzo y de arena sílice

Vidrio de cuarzo

El dióxido de silicio (SiO_2) se presenta en la naturaleza de diferentes formas, siendo la más estable y abundante el cuarzo. Se funde a los $1\,723\text{ }^\circ\text{C}$ y se enfría rápidamente formando el conocido vidrio de cuarzo. Esta sustancia tiene gran aplicación por las propiedades que posee, aunque su producción es escasa y muy costosa, pues esta temperatura no se obtiene fácilmente.

El vidrio de cuarzo se utiliza como material de laboratorio, porque es muy resistente a los agentes químicos. Muy utilizado en la industria moderna, por ser uno de los mejores aislantes eléctricos conocidos, debido a su elevada resistencia eléctrica, y en la elaboración de instrumentos ópticos por su elevado índice de refracción a la radiación electromagnética visible.

Vidrios comunes

El vidrio común generalmente contiene 15 % de óxido de sodio, 70 % de dióxido de silicio y 9 % de cal (óxido calcio).

Gel de sílice

El gel de sílice es un sólido poroso en forma de granos de dióxido de silicio. Constituye un desecante por excelencia, es decir, absorbe la humedad del lugar donde se encuentra, pues tiene una gran avidez por el agua. Comúnmente aparece en bolsas transpirables, que pueden contener, además, sustancias venenosas, fungicidas o pesticidas que pueden causar enfermedades, por lo que se advierte en ellas el no ser ingeridas.



¿Sabías que...?

Un tipo de fertilizante utilizado en la agricultura cubana es el denominado NPK, que significa que este proporciona al terreno los elementos químicos nitrógeno, fósforo y potasio en forma de amoníaco (NH_3), pentóxido de difósforo (P_2O_5) y óxido de potasio (K_2O), respectivamente.

Sin embargo, aunque en la etiqueta del producto aparece K_2O , en realidad no hay exactamente esta sustancia, sino el elemento químico potasio se encuentra en forma de otras sustancias (sales de potasio), pues de existir este óxido metálico la bolsa explotaría, ya que es una sustancia delicuescente (que tiene avidez por el agua) y la absorbe de la atmósfera, lo que provoca una reacción química muy violenta.

CaO

Óxido de calcio, conocida como cal viva, tiene gran aplicación en la construcción, pues al añadirle agua forma una sustancia hidratada llamada cal apagada, la cual sirve como pintura, así como por su poder de unir fragmentos de una o varias sustancias por cambios químicos (conglomerante). Se utiliza como fundente en la siderurgia en la fundición del cobre, zinc y plomo para evitar el contacto de estos metales con el aire y no permitir, por tanto, la formación de sus óxidos. Por sus propiedades oxidantes participa en la producción de magnesio. En la industria azucarera es usado para eliminar la acidez del guarapo.

CO₂

El dióxido de carbono es uno de los óxidos no metálicos más conocido. Es utilizado para apagar fuegos, en forma de nieve carbónica, que evita el contacto de las llamas con el dióxígeno atmosférico y, por tanto, su extinción (fig. 3.38).



Fig. 3.38 Extintor de incendios de dióxido de carbono

Este óxido forma un ácido débil que ayuda a cuajar los lácteos sin añadir algún sabor al producto. Se utiliza en la fabricación de bebidas carbonatadas, como agua mineral y refrescos. Es el causante del sabroso sabor del champán, al actuar sobre las papilas. El champán es un vino espumoso que se embotella y se le añade azúcar y levadura, para que como producto de su fermentación se produzca CO_2 , que se disuelve en el vino.

El dióxido de carbono representa un porcentaje mínimo de la atmósfera terrestre, sin embargo, en estas cantidades pequeñísimas (0,033 % en volumen) constituye un gas regulador de la temperatura del planeta.

¿Sabías que...?

La superbatería

A partir del 2014 se ha comprobado que una mezcla de óxido de titanio (IV) con hidróxido de sodio (sosa cáustica) forma un gel que, al ser utilizado en la elaboración de baterías, permite que el 70 % de su carga eléctrica se logre en menos de dos minutos y que puede ser recargada hasta 10 000 veces, lo que alarga la vida útil de la batería a más de 20 años.

Al_2O_3

El óxido de aluminio es conocido con el nombre de alúmina. Es la materia prima fundamental en la producción de aluminio, en la que actúa como agente oxidante. Constituye un excelente aislante térmico y eléctrico en procesos que se desarrollan a alta temperatura, por ser mal conductor de la temperatura y la corriente eléctrica, así como tener una temperatura de fusión de 2 072 °C.

Se utiliza en el revestimiento de objetos metálicos evitando su oxidación. Al ser el aluminio un metal que se oxida con gran facilidad, los obje-

tos formados por él, al interactuar con el aire, forman una capa de óxido de aluminio en la superficie del objeto que le sirve de protección para que no siga oxidándose. Es por eso, por ejemplo, que las ventanas de aluminio pierden el brillo metálico al tornarse opacas, por la capa de óxido que las recubre y que hace que este objeto de aluminio sea tan duradero.

¿Sabías que...?

Piedras preciosas

El óxido de aluminio, también llamado corindón, se presenta en la naturaleza incoloro y en una gran variedad de colores (blanco, pardo, violeta, verde, amarillo, azul o rojo), debido a las impurezas de uno u otro tipo que pueden poseer. Los corindones rojos se llaman rubíes, todos los demás de diferente color se denominan zafiros (fig. 3.39). Ellas son dos de las cuatro piedras preciosas principales que se conocen. Las otras dos son el diamante y la esmeralda.

El rubí es una piedra preciosa de color rojizo, constituida fundamentalmente por Al_2O_3 con impurezas de hierro y cromo, lo cual le proporciona su color rojo. Su nombre viene del latín ruber que significa rojo.

Los zafiros también están constituidos por óxido de aluminio con la presencia de óxido de hierro (II) o (III) y de titanio. El color está en correspondencia con la mayor o menor concentración de estos óxidos.



Fig. 3.39 Fotos de un rubí, un zafiro amarillo y un zafiro azul

Comprueba lo aprendido

- 3.42** Escribe la ecuación química de una reacción química que ejemplifica:
- Las propiedades oxidantes de los óxidos
 - Las propiedades reductoras de los óxidos
- 3.43** A elevadas temperaturas el dinitrógeno reacciona con el dióxígeno produciendo un gas incoloro denominado monóxido de nitrógeno.

Esta sustancia al entrar en contacto con el dióxigeno, da lugar a la formación del dióxido de nitrógeno, gas tóxico de color pardo rojizo. Escribe las ecuaciones químicas de las reacciones químicas anteriores.

3.44 En la planta niquelífera “René Ramos Latourt”, el mineral, una vez seco y molido, se introduce en los hornos de reducción a 70 °C. En estos hornos se utiliza como reductor el llamado “gas pobre” entre cuyos componentes se encuentran el dihidrógeno y el monóxido de carbono. De las reacciones químicas que se llevan a cabo se encuentran las siguientes:

- ▶ óxido de níquel (II) sólido con dihidrógeno gaseoso produciendo níquel sólido y vapor de agua;
- ▶ óxido de níquel (II) sólido con monóxido de carbono formando níquel sólido y dióxido de carbono;
- ▶ óxido de cobalto (II) sólido con dihidrógeno gaseoso produciendo cobalto sólido y vapor de agua;
- ▶ óxido de cobalto (II) sólido con monóxido de carbono formando cobalto sólido y dióxido de carbono.

Con respecto a estas reacciones químicas:

- a) Escribe las ecuaciones químicas correspondientes.
- b) ¿Qué propiedad de los óxidos de níquel y de cobalto se pone de manifiesto?

3.45 El cromo puede obtenerse industrialmente en un proceso que se conoce como aluminotermia que puede representarse por la ecuación química:



- a) Determina los números de oxidación de cada uno de los elementos químicos que constituyen las sustancias reaccionantes y productos.
- b) ¿Qué variaciones ocurren en los números de oxidación en esta reacción química?
- c) Escribe el nombre de cada una de las sustancias que intervienen en esta reacción química.
- d) ¿Cuál de las sustancias reaccionantes tiene propiedades reductoras? Argumenta.

3.46 Argumenta la afirmación siguiente: “El dióxido de carbono no arde ni mantiene la combustión”

Sin embargo, un aumento de dióxido de carbono, CO_2 , en la atmósfera del planeta Tierra es un peligro potencial determinado por el llamado **efecto invernadero**. El ejemplo que se expone a continuación permitirá comprender en qué consiste este.

Al entrar en un automóvil que haya permanecido al sol por algún tiempo con las ventanillas cerradas, se siente una temperatura mucho más elevada que en el exterior. Este efecto es el resultado de que la energía solar, en forma de radiaciones luminosas, atraviesa el vidrio de las ventanillas y parabrisas del automóvil. En el interior todos los objetos absorben estas radiaciones, que son posteriormente emitidas como energía calorífica. Esta energía calorífica irradiada no puede pasar al exterior a través del vidrio del auto y la temperatura interior se eleva.

El fenómeno antes expuesto es aprovechado fundamentalmente en los países fríos para la construcción de locales cerrados con vidrios en los que se cultivan plantas que no resisten bajas temperaturas, a estos locales se les denominan invernaderos o invernáculos.

El dióxido de carbono, CO_2 , de la atmósfera actúa de forma similar al vidrio de un invernadero. La luz ultravioleta y la visible que llegan al planeta pueden pasar a través de la atmósfera; son absorbidas por la superficie de la tierra y posteriormente emitidas en parte como radiaciones infrarrojas. Esa radiación es absorbida por el dióxido de carbono de la atmósfera, aumentando la temperatura en lugar de permitir que se irradie al espacio.

¿Sabías que...?

El superinvernadero

La atmósfera de los planetas Venus y Marte está constituida en más de un 95 % por monóxido de carbono, CO . Esto provoca que la temperatura ambiente de estos planetas sea muy elevada, especialmente en Venus, donde las capas de este gas, mezcladas con ácido sulfúrico (ácido de las baterías), sometidas a elevadas presiones, provocan temperaturas de centenares de grados Celsius. Se dice que Venus está constantemente en superinvernadero.

Es de destacar que el efecto invernadero de la Tierra es un fenómeno natural y necesario para regular la temperatura del planeta y con ella la posibilidad de vida en este. Sin embargo, la desmedida producción de los gases de efecto invernadero, mediante la combustión de combustibles fósiles y la reducción de los bosques, están propiciando el calentamiento

global, el cual está provocando la fusión de los casquetes polares y con ello las correspondientes inundaciones al elevarse el nivel del agua.

Para combatir el excesivo efecto invernadero en la Tierra es necesario que se disminuyan las emisiones de dióxido de carbono, lograr fuentes de energía limpia sustituyendo los combustibles fósiles que son fuentes de producción de este gas, con el uso de celdas fotovoltaicas, la energía nuclear, conservar la selva Amazonas y los grandes bosques, entre otras medidas que se deben adoptar por los diferentes países.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono, CO, es un gas incoloro, inodoro, insípido y sumamente tóxico. Se produce en la combustión incompleta de los hidrocarburos, carbón, petróleo, cigarrillos (tabaco), madera y de otras sustancias que contienen carbono. En determinadas cantidades esta sustancia, en el aire, puede provocar la muerte, ya que al ser respirado reacciona con la hemoglobina de la sangre, interfiriendo la función transportadora del dióxígeno, O₂, por lo que las células mueren.

El monóxido de carbono, CO, se une a los átomos de hierro de la hemoglobina con una mayor intensidad que el oxígeno, por lo que la persona que lo aspira fallece por falta de dióxígeno. Se encuentra entre los gases de escape de los automóviles producto de la combustión incompleta de la gasolina.



De la historia

Química, ¿ángel o demonio?

La toxicidad del monóxido de carbono, CO, fue investigada profundamente en 1846 por el biólogo teórico, médico y fisiólogo francés Claude Bernard, envenenando perros con dicho gas y observando que su sangre se tornaba cada vez más roja y brillante que lo habitual. También el CO fue utilizado por los nazis en la Segunda Guerra Mundial como arma de exterminio masivo (cámara de gas) en los campos de concentración, una muestra de los horribles crímenes que se cometieron en el llamado Holocausto alemán, conocido en la terminología nazi (nacionalismo alemán) como "solución final" de la cuestión judía, genocidio que costó la vida a más de seis millones de personas.

Dióxido de azufre

El dióxido de azufre, SO₂, es uno de los contaminantes más dañinos del aire. Es un gas incoloro, tóxico, de olor sofocante y causante de la

destrucción de la vegetación en zonas industriales en las que se queman combustibles que tienen elevado contenido de impurezas de azufre o en las que es un producto residual del proceso.

El SO_2 forma parte del *smog* industrial o *smog* gris, que no es más que la contaminación del aire producto de la combustión del carbón, que puede contener alto grado de octazufre. El dióxido de azufre actúa como agente reductor al reaccionar en la atmósfera con el dióxido de nitrógeno y producir trióxido de azufre y monóxido de nitrógeno. La presencia de estos cuatro óxidos no metálicos en la atmósfera al reaccionar con el agua forma las conocidas lluvias ácidas (fig. 3.41), que constituyen un factor destructivo de la naturaleza, los objetos de hierro y un contaminante de las aguas, océanos, ríos y lagos.

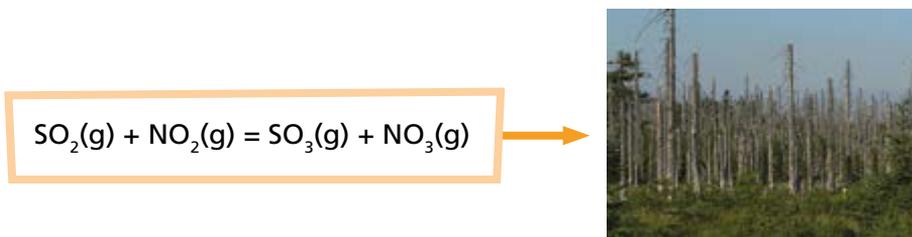


Fig. 3.41 Óxidos causantes de las lluvias ácidas

El control del *smog* industrial y las lluvias ácidas está en correspondencia con las medidas que se aplican para la eliminación del azufre de los combustibles y de las emisiones del dióxido de azufre, SO_2 , de las chimeneas de las diferentes industrias químicas donde se produce.



Conoce un poco más

Erupción de los volcanes

Con la erupción de los volcanes (fig. 3.42) pasan a la atmósfera diferentes gases (contaminación natural), entre los que se encuentran el dinitrógeno, $\text{N}_2(\text{g})$, el dióxido de carbono, $\text{CO}_2(\text{g})$, el sulfuro de hidrógeno, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$, y el vapor de agua, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. El sulfuro de hidrógeno, gas con olor a huevo podrido (clueco), reacciona con el dióxígeno, O_2 , del aire a temperaturas elevadas y produce el dióxido de azufre, $\text{SO}_2(\text{g})$, uno de los mayores contaminantes químicos que al reaccionar con el agua provoca las lluvias ácidas. Se estima que los dos tercios del azufre existentes en el aire provienen de los volcanes.

Sin embargo, estas mismas reacciones químicas son provocadas en la atmósfera por los relámpagos, los cuales proporcionan la suficiente energía para que ellas se produzcan. Los óxidos de nitrógeno obtenidos producen, en su reacción química con el agua, el llamado ácido nítrico, fuente de nitratos para el mejoramiento de los suelos. Se estima que anualmente se producen alrededor de 30 millones de toneladas de este ácido por esta vía.

Conocer los contaminantes del medio ambiente y el efecto de estos sobre el clima, los seres humanos, las plantas y los animales, constituyen solo el primer paso para lograr vías efectivas en su control y eliminación.

Óxido de calcio o cal viva

Si bien se han visto algunos óxidos que participan en la contaminación del medio ambiente y en el perjuicio de la salud, existen otros que ayudan a mejorarlo. Tal es el caso del óxido de calcio, CaO .

Este óxido metálico es utilizado en el tratamiento para mejorar la calidad del agua de consumo, también llamada **agua potable**, al purificarla, restarle acidez y eliminar su turbidez.

De igual manera participa en el mejoramiento de las aguas residuales de las industrias que contienen productos, tanto inorgánicos como orgánicos, que dañan la salud y el medio ambiente (fig. 3.43).



Fig. 3.43 Aguas residuales de las industrias

El óxido de calcio, CaO , participa en la eliminación de sustancias nocivas de los suelos contaminados disminuyendo su toxicidad.

En la agricultura el óxido de calcio, CaO , aporta el elemento químico calcio que es uno de los nutrientes de las plantas.

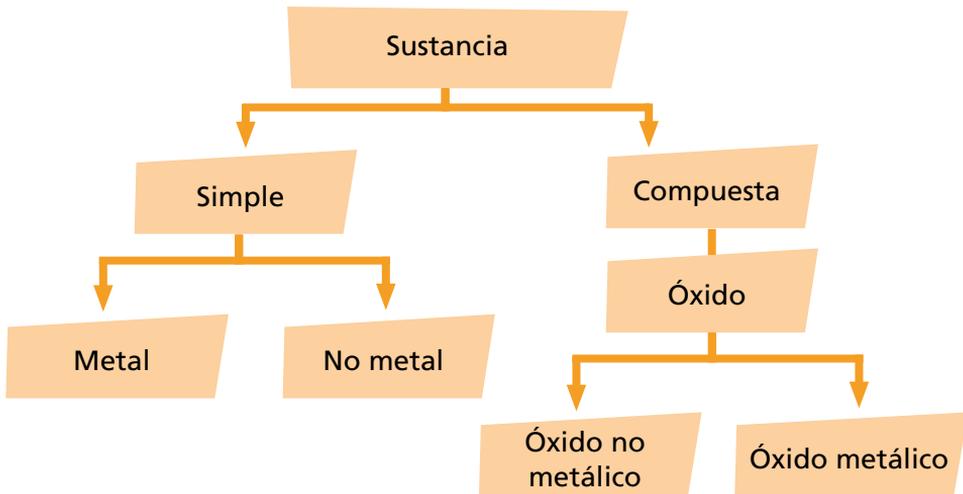
Sistematizando

Confecciona un resumen sobre los óxidos a partir de los aspectos siguientes:

- clasificación atendiendo a su composición química;
- relación estructura química-propiedades;
- reglas para nombrarlos y escribir sus fórmulas químicas;
- métodos de obtención;
- propiedades oxidantes y reductoras.

Resumen y ejercicios

3.54 Las sustancias estudiadas se clasifican por su composición química y propiedades en:



A partir del esquema anterior clasifica cada una de las sustancias que representan cada una de las fórmulas químicas siguientes:

- a) Na_2O b) Cl_2 c) Na d) O_3 e) Cl_2O_7 f) H_2O

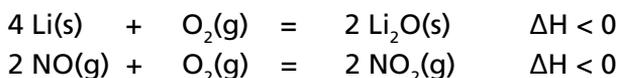
3.55 Los óxidos, de acuerdo con el tipo de partículas que las forman, pueden ser sustancias moleculares, atómicas o iónicas.

1. Menciona ejemplos de:

- dos óxidos moleculares;
- un óxido atómico;
- dos óxidos iónicos.

- Escribe las ecuaciones químicas correspondientes a la obtención del gas de agua y a la acción de esta mezcla sobre el óxido de cobalto (II).
- Determina el agente oxidante y el agente reductor en cada una de las reacciones anteriores.

3.59 Dadas las ecuaciones químicas siguientes:



- Escribe el nombre de cada una de las sustancias que intervienen en las reacciones químicas representadas.
- Describe la información cuantitativa que se puede obtener de cada ecuación química.
- Señala en cada caso el agente oxidante y el agente reductor.

3.60 Se tienen dos elementos químicos no metálicos representados hipotéticamente por X y Y. De ellos se conocen los datos siguientes:

- ▶ El elemento químico X tiene un número atómico igual a 8 y dos estados alotrópicos con fórmulas químicas X_2 y X_3 .
- ▶ El elemento químico Y se encuentra ubicado en el grupo VA (15), período 3 de la Tabla periódica moderna y se conoce que forma sustancias simples de fórmula general Y_4 .
- ▶ La sustancia simple X_2 reacciona con Y_4 produciendo un óxido no metálico altamente venenoso de fórmula Y_2X_5 .
- ▶ Las electronegatividades de los átomos de X y Y son 3,5 y 2,1, respectivamente.

De acuerdo con esta información:

- Identifica el símbolo químico de los elementos químicos X y Y.
- Nombra y formula las sustancias simples que forman ambos elementos químicos.
- Di el tipo de enlace químico que une a los átomos en las moléculas X_2 , Y_4 y Y_2X_5 .
- Escribe la ecuación química de la reacción química que ocurre entre X_2 e Y_4 .
- Si en esta reacción química la suma de la energía de los reaccionantes es mayor que la energía de la sustancia producto, ¿se

APÉNDICE 1

Densidad (a 25 °C) y temperaturas de fusión y de ebullición (a 100 kPa) de algunas sustancias puras

Leyenda:

(d) descompone

(s) sublima

Nombre de la sustancia	Densidad (g/cm ³ o g/mL)	Temperatura de fusión (°C)	Temperatura de ebullición (°C)
ALUMINIO			
Aluminio	2,70	660,3	2 467
Óxido de aluminio	3,97	2 015	2 980
Cloruro de aluminio	2,44		177,8 (s)
Sulfato de aluminio	2,71	770,0 (d)	
Hidróxido de aluminio	2,42	(d)	
AMONIO			
Amoníaco	0,77	- 77,7	- 33,4
Cloruro de amonio	1,53	340 (s)	520,0
Nitrato de amonio	1,73	169,6	210,0 (d)
Dicromato de amonio	2,15	(d)	
Tiocianato de amonio	1,30	149,6	170,0 (d)
AZUFRE			
Octazufre (monoclínico)	1,96	119,0	444,6
Octazufre (rómico)	2,07	112,8	444,6
Dióxido de azufre	2,93	- 72,7	- 10,0
Trióxido de azufre	1,97	16,83	44,8
Ácido sulfúrico	1,84	10,38	330,0

Sulfuro de hidrógeno	0,96	-85,5	-60,7
BARIO			
Óxido de bario	5,72	1 918,0	
Sulfato de bario	4,50	1 580,0	
Hidróxido de bario octahidratado	2,18	78,0	
BROMO			
Dibromo	3,11	-7,2	58,78
CALCIO			
Calcio	1,54	839,0	1 484,0
Óxido de calcio	3,25	2 614,0	2 850,0
Cloruro de calcio	2,15	782,0	1 600,0
Carbonato de calcio	2,71	1 282,0	(d)
Sulfato de calcio	2,96	1 450,0	
Hidróxido de calcio	2,24	580,0 (d)	
CARBONO			
Carbono (diamante)	3,51	3 500,0	
Carbono (grafito)	2,25		
Monóxido de carbono	0,85	-199,0	-191,5
Dióxido de carbono	1,53		-78,5 (s)
Tetracloruro de carbono	1,59	-23,0	76,8
CLORO			
Dicloro	1,9	-100,98	-34,6
COBRE			
Cobre	8,92	1 063,0	2 567,0
Óxido de cobre (I)	6,0	1 235,0	1 800,0
Óxido de cobre (II)	6,4	1 326,0	
Cloruro de cobre (II)	3,39	620,0	(d)
Sulfato de cobre (II) pentahidratado	2,28	110,0	150,0
Hidróxido de cobre (II)	3,37	(d)	
CROMO			
Óxido de cromo (III)	5,21	2 266,0	4 000,0
ESTAÑO			
Estaño (blanco)	7,28	231,9	2 260,0
FÓSFORO			

Tetrafósforo (rojo)	2,34		
Pentóxido de difósforo	2,39	580,0	
HIDRÓGENO			
Dihidrógeno	0,09	- 259,15	- 252,8
Peróxido de hidrógeno	1,41	- 0,41	150,2
Agua	1,0	0	100,0
HIERRO			
Hierro	7,86	1 535,0	2 750,0
Óxido de hierro (II)	5,7	1 369,0	
Óxido de hierro (III)	5,24	1 565,0	
Cloruro de hierro (II)	3,16	670,0	(s)
Cloruro de hierro (III)	2,9	306,0	315,0 (d)
Sulfuro de hierro (II)	4,74	1 196,0	(d)
MAGNESIO			
Magnesio	1,74	648,8	1 107,0
Óxido de magnesio	3,58	2 852,0	3 600,0
NITRÓGENO			
Dinitrógeno	1,25	- 209,9	- 195,8
Monóxido de nitrógeno	1,34	- 163,6	- 151,8
Dióxido de nitrógeno	1,45	11,2	21,2
Pentóxido de dinitrógeno	1,64	30,0	47(d)
Ácido nítrico	1,502	-42,0	83,0
OXÍGENO			
Dioxígeno	1,43	- 219,0	- 183,0
Trioxígeno (ozono)		- 192,7	- 111,9
PLATA			
Plata	10,5	961,93	2 212,0
Cloruro de plata	5,56	455,0	1 550,0
Nitrato de plata	4,35	212,0	444,0 (d)
PLOMO			
Plomo	11,34	327,5	1 740,0
Óxido de plomo (II)	9,53	886,0	
Óxido de plomo (IV)	9,38	290,0(d)	
POTASIO			
Cloruro de potasio	1,98	770,0	1 500 (s)
Clorato de potasio	2,32	356,0	400,0 (d)

Nitrato de potasio	2,11	334,0	400,0 (d)
Permanganato de potasio	2,70	< 240,0 (d)	
Hidróxido de potasio	2,04	369,4	1 322,0
SILICIO			
Dióxido de silicio	2,64	1 610,0	2 230,0
SODIO			
Cloruro de sodio	2,16	801,0	1 413
Hidrógenocarbonato de sodio	2,16		
Hidróxido de sodio	2,13	318,4	1 390,0
WOLFRAMIO			
Wolframio	19,35	3 410,0	5 600,0
YODO			
Diyodo	4,93	113,5	184,4
ZINC			
Zinc	7,14	419,6	907,0
Óxido de zinc	5,61	1 975,0	
Cloruro de zinc	2,91	283,0	732,0
Sulfato de zinc	3,54	600,0 (d)	

Nota:

Generalmente, la densidad se expresa en g/cm^3 (gramos por centímetro cúbico) para los sólidos y los líquidos y en g/L (gramos por litro) o g/mL (gramos por mililitro) para los gases. La unidad de medida de las temperaturas de fusión y de ebullición es el $^{\circ}\text{C}$ (grado Celsius).

APÉNDICE 2

Indicaciones para el trabajo con las sustancias en el laboratorio de Química

A continuación, se relacionan las reglas que deben cumplirse al manipular las sustancias durante la realización de experimentos químicos escolares.

- No pruebes las sustancias, pues muchas son tóxicas, es decir, nocivas para la salud. La toxicidad es una propiedad de numerosas sustancias.
- No huelas las sustancias directamente del recipiente, ya que una gran parte de las sustancias tóxicas son volátiles o gaseosas. Para oler las sustancias procede como se indica en la figura 1: se debe abanicar suavemente el aire con la mano, desde la boca del recipiente que contiene la sustancia hacia la nariz.



Fig. 1 Para oler una sustancia

- No toques las sustancias con las manos. Para tomar sólidos se emplea una cucharilla espátula. Para trasvasar líquidos se utilizan tubos de ensayos, vasos de precipitados, erlenmeyer, goteros y probetas graduadas (si se desea medir el volumen de un líquido). Los utensilios deben estar limpios y secos y lavarse después de usarlos.
- Toma pequeñas cantidades de cada sustancia y tape bien el frasco. Antes de tomar una sustancia lea bien la etiqueta del frasco.

- e) No viertas la sustancia sobrante o ya empleada en su frasco, sino en recipientes destinados para eso. Así se evita la contaminación de las sustancias.
- f) Utiliza el agitador para disolver las sustancias sólidas en las líquidas y para mezclar otras sustancias. El contenido de un tubo de ensayos puede agitarse al golpear de forma suave las paredes de este con la yema de un dedo.
- g) Vierte los líquidos de un recipiente a otro con cuidado, encima de la mesa y como se muestra en la figura 2: se colocan los dedos en la forma indicada. La etiqueta debe quedar bajo la palma de la mano, para evitar su deterioro si escurre el líquido.



Fig. 2 Para verter líquidos

- h) Al calentar un líquido en un tubo de ensayos este debe inclinarse, como se indica en la figura 3, y moverse constante y suavemente de derecha a izquierda. El calentamiento debe comenzar por la parte del recipiente que contiene la sustancia. La inclinación del tubo permite aumentar la superficie de evaporación y lograr una ebullición uniforme. La boca del tubo de ensayos debe dirigirse hacia donde no haya personas, para evitar accidentes al proyectarse el líquido.



Fig. 3 Durante el calentamiento

- i) Lávate las manos después de realizar los experimentos.

APÉNDICE 3

Útiles de uso más frecuente en el laboratorio de química

Los útiles de laboratorio se pueden clasificar en:

- I) Recipientes de medición
- II) Recipientes de usos varios
- III) Utensilios de usos varios y de usos especializados
- IV) Materiales de metal
- V) Equipos

A continuación, se ofrecen los nombres y las características de estos.

I) Recipientes de medición

Bureta: tubo cilíndrico con una llave de paso en su extremo inferior para controlar la salida del líquido (figura 1). Está graduada en mililitros y en décimas de mililitros. Se emplea para verter con exactitud volúmenes variables de un líquido. En las buretas de llave esmerilada, el macho de la llave (de forma cónica truncada) se ajusta a una arandela, una liga u otro dispositivo adecuado. Este tipo de bureta se usa para líquidos o disoluciones ácidas, y casi nunca para disoluciones alcalinas, pues el álcali suele trabar la junta esmerilada de la llave de vidrio, por la formación de carbonato, al reaccionar el dióxido de carbono de la atmósfera con la disolución alcalina.

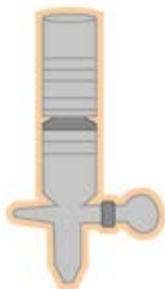


Fig. 1 Bureta

Cuentagotas o gotero: por lo general es un tubo de vidrio con un tramo más estrecho en un extremo y cerrado por el otro con un dedil de goma. Se utiliza cuando es necesario añadir un líquido gota a gota, sin considerar con precisión su volumen. En esta operación puede emplearse también un frasco cuentagotas, que es un frasco de boca estrecha, cuya tapa, de rosca o esmerilada, tiene un gotero (fig. 2).

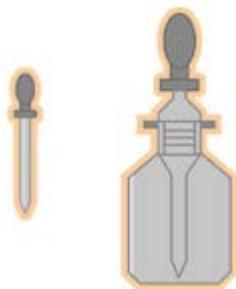


Fig. 2 Cuentagotas o gotero

Matraz aforado: recipiente volumétrico, de fondo plano y con un cuello largo y estrecho (angosto) donde se encuentra la marca de enrase que indica el volumen de líquido que debe contener. El cuello es angosto para que un pequeño cambio en el volumen del líquido provoque una considerable diferencia en la altura del menisco y el error que se cometa al llevar este hasta el enrase sea, en consecuencia, muy pequeño. Está provisto de un tapón de vidrio o de plástico. Se usa para preparar con exactitud disoluciones de concentración conocida. Es un error medir el volumen de un líquido a una temperatura diferente a la que está aforado el matraz (generalmente 20 °C) (fig. 3).

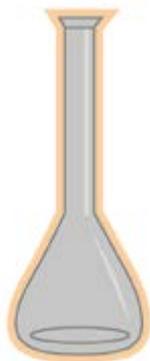


Fig. 3 Matraz aforado

Pipeta: tubo de vidrio cilíndrico y hueco que se utiliza para medir con precisión un volumen determinado de líquido, que se llena por succión y se deja vaciar después. Las pipetas aforadas tienen un ensanchamiento en su mitad, una punta en su extremo inferior y una señal o marca de enrase circular en la parte estrecha superior, la que permite medir siempre el mismo volumen. Las pipetas graduadas generalmente no tienen el abultamiento central y con ellas se pueden medir distintos volúmenes de un líquido (fig. 4).



Fig. 4 Pipeta

Probeta: recipiente cilíndrico abierto por el extremo superior y cerrado por el otro, de fondo plano. Se emplea para medir líquidos, por lo que tiene una escala graduada en milímetros. Cada raya o división puede corresponder a 1 mL o fracción, o a 2 mL, o a 5 mL, etc., según su tamaño. Las probetas pueden ser plásticas o de vidrio (debido a su transparencia dejan ver mejor el nivel del líquido). Es un recipiente menos exacto que la pipeta y la bureta (fig. 5).



Fig. 5 Probeta

II) Recipientes de usos varios

Balón: recipiente de vidrio resistente, de fondo redondo y cuello variable (largo y estrecho, largo y ancho, corto y estrecho, corto y ancho). Se utiliza en los montajes de aparatos, para calentar líquidos y sólidos que han de reaccionar en frío o en caliente. Se calienta por medio de una tela metálica amiantada, de un baño de maría o de un baño de arena, seco y sostenido por el cuello, con una pinza de extensión, a un soporte universal. Existen balones de diferente capacidad y tamaño (fig. 6).

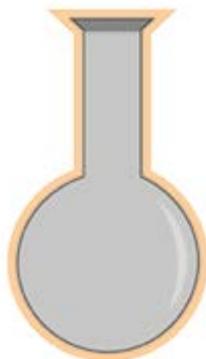


Fig. 6 Balón

Balón de destilación: recipiente de vidrio resistente, de fondo redondo, generalmente de cuello largo y estrecho, y con tubuladura lateral descendente, la cual permite la salida de los vapores. Se emplea para destilar disoluciones. El calentamiento se realiza de la misma forma descrita para el balón (fig. 7).

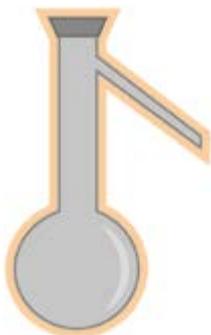


Fig. 7 Balón de destilación

Cápsula de porcelana: vasija de poca altura y gran superficie. Se emplea con varios fines, sobre todo para la vaporización de líquidos con calentamiento. Se puede calentar directamente al fuego (por estar fabricada de porcelana). Hay cápsulas de diversa capacidad (fig. 8).



Fig. 8 Cápsula de porcelana

Cristalizadora: recipiente circular de poca altura. Se usa para obtener cristales por la vaporización, al aire y a la temperatura ambiente, del disolvente que contiene el sólido disuelto (sustancia cristalizable). Hay cristalizadoras de distintas capacidades y tamaños (fig. 9).



Fig. 9 Cristalizadora

Crisol: recipiente en forma de cono truncado invertido y con tapa. Se utiliza para calcinar sustancias para otras operaciones que requieren elevadas temperaturas. Los crisoles se fabrican de cuarzo, de porcelana o de metal, por lo que pueden someterse a la acción directa de la llama. Los hay de diferente capacidad (fig. 10).



Fig. 10 Crisol

Cuba hidroneumática: recipiente de gran superficie y fondo plano de forma cilíndrica o rectangular. Se emplea para recoger gases prácticamente insolubles en agua por desplazamiento de esta. Suele tener un aditamento conocido como puente, sobre el cual se coloca el frasco colector del gas. Se fabrica de vidrio u otro material (fig. 11).

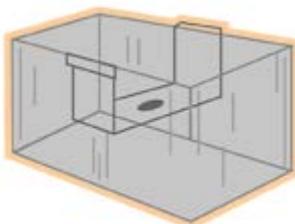


Fig. 11 Cuba hidroneumática

Embudo de separación: en su parte superior tiene una abertura (boca del embudo), por donde se llena el recipiente, y una tapa. En su parte inferior posee una llave de vidrio esmerilada para controlar la salida del líquido más denso. El macho de la llave, de forma cónica truncada, se ajusta con una arandela de goma, una liga u otro dispositivo adecuado. Se utiliza para separar líquidos no miscibles (prácticamente insolubles) entre sí y también para contener líquidos corrosivos, como el dibromo, si se desea verterlos gota a gota. Estos embudos se fabrican de diferentes tamaños, capacidad y forma (cilindros, cónicos y esféricos) (fig. 12).



Fig. 12 Embudo de separación

Erlenmeyer: recipiente de forma cónica, cuya base es ancha y plana, y su abertura más estrecha que la del vaso de precipitados. Por esa razón se usa, fundamentalmente, para calentar líquidos o disoluciones, sin que ocurra gran pérdida por vaporización. También se emplea para recoger destilados. Se fabrica de una sustancia resistente al calor y de diferente capacidad y forma (boca ancha y boca estrecha) (fig. 13).



Fig. 13 Erlenmeyer

Frasco: recipiente de boca ancha o estrecha, de vidrio u otra sustancia, que sirve para contener sólidos, líquidos y en ocasiones gases. Posee una tapa esmerilada o de rosca. Se fabrica de diferente tamaño y color. Los líquidos se guardan en frascos de boca estrecha, los sólidos en los de boca ancha, las sustancias sensibles a la luz en los de color ámbar, las sustancias corrosivas en los que tienen tapón y capuchón esmerilados y las disoluciones (como las de sosa y potasa) que sueldan fácilmente los tapones esmerilados en los de tapón de caucho. Todos los frascos con sustancias deben tener su etiqueta (fig. 14).



Fig. 14 Frasco

Frasco lavador: se emplea para contener el líquido (agua, alcohol, etc.) con el cual se lavará el precipitado. Por lo general se fabrica de plástico y de distinto tamaño (fig. 15).



Fig. 15 Frasco lavador

Matraz: es un balón de fondo plano y se usa para los mismos fines que el balón y en las mismas condiciones (fig. 16).



Fig. 16 Matraz

Mortero: recipiente en forma de copa o de cápsula, fabricado de vidrio, porcelana, hierro, etc. Consta, además de una pieza auxiliar llamada pistilo o mano de mortero, que se fabrica de la misma sustancia que el mortero. El pistilo tiene forma de barra y uno de sus extremos es redondo. El mortero se emplea para triturar o pulverizar sustancias sólidas, lo cual se hace con la ayuda del pistilo. No debe ser sometido a grandes cambios de temperatura, pues sus paredes son muy gruesas (fig. 17).



Fig. 17 Mortero

Tubo de ensayos: es un tubo de forma cilíndrica, cerrado por un extremo y abierto por el otro. Se utiliza para diferentes ensayos, cuando se emplean pequeñas cantidades. Estos tubos se fabrican de diferente longitud y diámetro. Son de vidrio corriente (para realizar ensayos a temperatura ambiente) o de vidrio resistente al calor (para llevar a cabo ensayos con calentamiento directo a la llama, totalmente secos para que no se rompan, o en los que se desprende gran cantidad de energía mediante calor). Los hay con tubuladura lateral (fig. 18).

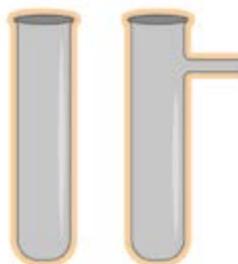


Fig. 18 Tubo de ensayos

Vaso de precipitados: recipiente cilíndrico en forma de vaso y provisto de un pico para verter líquidos. Se emplea para decantar, recoger filtrados, realizar reacciones químicas (fundamentalmente, en las que se forman precipitados), disolver sólidos o líquidos en líquidos, y calentar líquidos o disoluciones. Los vasos de precipitados por lo general se fabrican de vidrio resistente al calor. Se calientan colocando una tela metálica amiantada entre el vaso y la fuente de calor y al hacerlo deben estar completamente secos por fuera. Son de diferente capacidad y forma (baja y alta) (fig. 19).



Fig. 19 Vaso de precipitados

Vidrio reloj: llamado así por su forma (casquete esférico de vidrio, de poca curvatura). Se usa para cubrir los vasos de precipitados, vaporizar a temperatura ambiente pequeños volúmenes de un líquido volátil y pesar sustancias sólidas sin dañar los platillos de la balanza. Los vidrios reloj se fabrican de diferente diámetro (fig. 20).



Fig. 20 Vidrio reloj

III) Utensilios de usos varios y de usos especializados

Entre los utensilios de usos varios están los siguientes:

Agitador: es una varilla de vidrio macizo con un extremo de forma roma. Se usa para agitar líquidos, decantarlos, ayudar a verterlos sobre un filtro o un recipiente, disolver un sólido en un líquido, etcétera (fig. 21).



Fig. 21 Agitador

Cucharilla espátula: uno de sus extremos tiene la forma de una cuchara pequeña y el extremo opuesto es plano en forma de paleta. Si los dos extremos terminan en forma de paleta se nombra espátula doble y si tiene la forma de un cuchillo de mesa se llama simplemente espátula. Se usan para mezclar sustancias finamente divididas y extraer sólidos de los frascos. Se fabrican de porcelana, de plástico, de metal, etcétera (fig. 22).

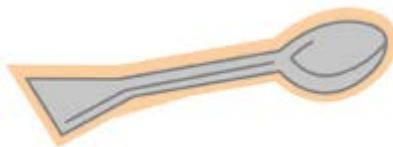


Fig. 22 Cucharilla espátula

Embudo: es un utensilio hueco, de forma cónica, ancho por su parte superior, estrecho por su parte inferior y su perfil forma un ángulo de 60°. La parte estrecha o vástago puede ser corto o largo, estrecha o ancha, de acuerdo con el uso. Se utiliza para traspasar sólidos o líquidos y para filtrar, regularmente con un papel de filtro. Los embudos se fabrican de vidrio, de porcelana, de metal, etc., y de diferentes tamaños (fig. 23).



Fig. 23 Embudo

Gradilla: es un soporte que puede ser de madera, de metal, etcétera, y que se utiliza para mantener los tubos de ensayos en posición vertical. Se fabrican gradillas de diversos tamaños (fig. 24).

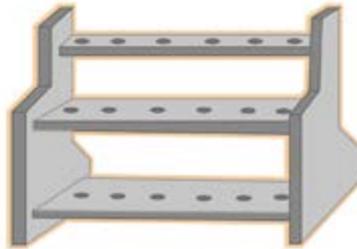


Fig. 24 Gradilla

Tapón de goma o de corcho: pueden ser macizos (si no poseen ninguna perforación), monohoradados (si tienen un orificio) y bihoradados (si tienen dos orificios). Los dos últimos se utilizan para ajustar tubos de vidrio o algunos utensilios. Son necesarios en muchos aparatos para establecer la comunicación entre sus partes (fig. 25).



Fig. 25 Tapón de goma o de corcho

Tubo de goma: se usa para empatar tubos de vidrio o conducir el servicio de gas o de agua (fig. 26).

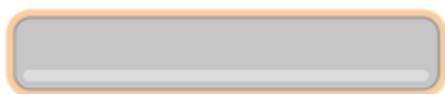


Fig. 26 Tubo de goma

Tubo de vidrio fusible: al calentarse gradualmente puede doblarse en la forma que se desee y enfriarse poco a poco a temperatura ambiente sin que se quiebre. Se emplea doblado (con un ángulo dado) o recto, para conexiones en el montaje de aparatos (fig. 27).



Fig. 27 Tubo de vidrio fusible

Entre los utensilios de usos especializados se encuentran los siguientes:

Condensador o refrigerante: presenta dos tubuladuras laterales pequeñas: una en la parte inferior para la entrada del agua fría y otra en la parte superior para la salida del agua caliente. Consta, además, de dos tubos concéntricos independientes. Por el tubo interior (que puede tener diferentes formas, recto, de bolas o en serpentin) circulan los gases que han de enfriarse y por el tubo exterior el agua. Se emplea para condensar o refrigerar los vapores desprendidos en una destilación, mediante la circulación del agua fría en sentido contrario al desplazamiento de los vapores (fig. 28).

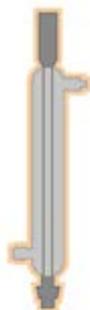


Fig. 28 Condensador o refrigerante

Kitasato: erlenmeyer con tubuladora lateral. Tiene paredes gruesas que resisten diferencias de presiones con el exterior, aunque en él no se pueden calentar sustancias. Existen de varios tamaños, pero por lo regular se usan de 250 y 500 mL.

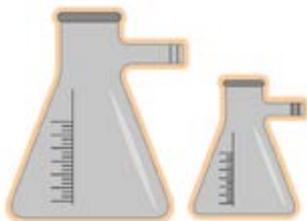


Fig. 29 Kitasato

Tubo capilar: es un tubo de vidrio cuyo diámetro interior es muy pequeño, generalmente menor de 1 mm. Los tubos capilares se utilizan para determinar temperaturas de fusión de sustancias, evitar que un líquido hierva a saltos, etcétera. Pueden hacerse en el laboratorio con tubos fusibles de 6-7 mm de diámetro (fig. 30).



Fig. 30 Tubo capilar

Tubo de combustión: es un tubo de vidrio, de porcelana o de otra sustancia resistente al calor, abierto en los dos extremos. En su interior se coloca la sustancia que debe quemarse por la acción de una corriente de gas. La sustancia puede colocarse dentro del tubo de combustión o en un recipiente de porcelana, que por su forma se conoce como bote de combustión. Este bote presenta un orificio en uno de sus bordes por el que se introduce o se extrae del tubo de combustión (fig. 31).



Fig. 31 Tubo de combustión

Tubo de seguridad: se conocen tres tipos de tubos de seguridad, pero todos constan de dos partes: la copilla y el tubo. La diferencia radica en la forma del tubo, el cual puede ser recto, con una vuelta y con válvula (además de tener la vuelta posee uno o dos bulbos o ensanchamientos que hacen la función de válvula). Se emplean como válvula de escape en los aparatos destinados a obtener gases, para impedir una explosión por presión excesiva o para evitar la reabsorción por vacío parcial. Se utilizan también como embudos para verter líquidos dentro de los recipientes sin necesidad de destaparlos. Si se usa el tubo recto es necesario que el extremo quede por debajo del nivel del líquido contenido en el recipiente. Si se emplean los otros tubos no hay que introducirlos en el líquido del recipiente, pues el pequeño volumen del líquido que queda retenido en el tubo acodado o en los bulbos impide la salida del gas, además de que, si obstruye la salida, con este tubo de seguridad puede evitarse cualquier peligro de explosión (fig. 32).



Fig. 32 Tubo de seguridad

Triángulo de arcilla: es un triángulo formado por tres alambres metálicos recubiertos de tubos de porcelana, cuarzo o arcilla. Se coloca en el aro o anilla para sostener el crisol con la sustancia que se desea calentar a fuego directo (fig. 33).

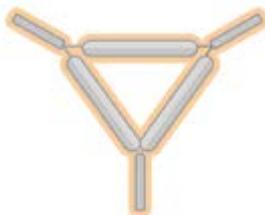


Fig. 33 Triángulo de arcilla

IV) Materiales de metal

Aro o anilla: utensilio de metal compuesto de dos partes. Una parte tiene la forma de un aro que puede ser de diferentes diámetros. La otra parte es un tubo macizo y recto, con mordaza o sin ella. En este último caso se requiere de una mordaza para fijar el aro al soporte universal. Se usa para colocar el embudo de separación cuando se va a decantar dos líquidos inmiscibles entre sí, otro embudo cuando se desea filtrar, o la tela metálica amiantada, sobre la cual se pone un recipiente o una sustancia que sea necesario calentar (fig. 34)

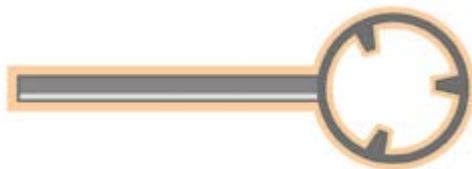


Fig. 34 Aro o anilla

Cucharilla de combustión: presenta un mango largo y en su extremo tiene una cavidad en forma de copilla, en la cual se deposita la sustancia que se desea calentar. Se emplea para el ensayo de la combustión de varias sustancias sólidas en atmósfera de ciertos gases, por ejemplo, de dióxigeno. Por lo general es de hierro (fig. 35).



Fig. 35 Cucharilla de combustión

Nuez o mordaza: pieza de metal que tiene dos aberturas de diámetro fijo, con un tornillo en cada una de ellas. Uno de los tornillos se utiliza para fijar la nuez o mordaza a un soporte universal, y el otro para sostener una pinza de extensión por un tubo macizo y recto o un aro (fig. 36).

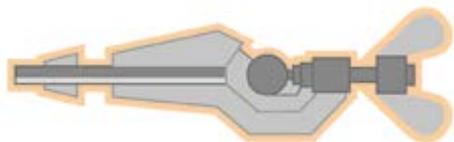


Fig. 36 Nuez o mordaza

Pinza de extensión: instrumento de metal constituido por dos partes. Una parte tiene forma de V y mediante ella se sujeta un recipiente, regulando su diámetro de abertura por medio de un tornillo. La otra parte la compone un tubo macizo y recto. Para fijarla a un soporte universal es necesario disponer de una nuez o mordaza. También se fabrican pinzas de extensión con mordaza (fig. 37).

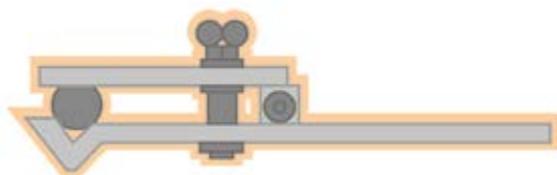


Fig. 37 Pinza de extensión

Pinza para bureta: instrumento de metal o de plástico que se emplea para sostener una o dos buretas mediante la presión de un muelle o de un tornillo (fig. 38).

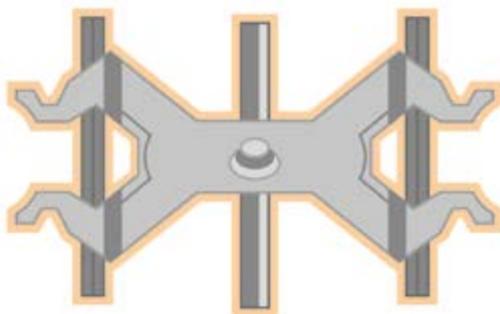


Fig. 38 Pinza para bureta

Pinza para crisol: Instrumento de metal en forma de X con el cual se puede agarrar un crisol o una cápsula de porcelana caliente (fig. 39).



Fig. 39 Pinza para crisol

Pinza para tubo de ensayos: Instrumento de metal o de madera. Se usa para sujetar un tubo de ensayos que esté caliente, que contenga una o más sustancias que sea necesario calentarlas para que reaccionen o en el que se vaya a verter una sustancia sólida o líquida (fig. 40).



Fig. 40 Pinza para tubo de ensayos

Pinza para vaso de precipitados: Instrumento de metal que se usa para agarrar un vaso de precipitados entre los extremos opuestos al mango (fig. 41).



Fig. 41 Pinza para vaso de precipitados

Soporte universal: está formado por una barra metálica vertical y una base o plataforma, la cual puede tener diferentes formas. Su función es sostener los equipos, utensilios, etcétera, necesarios para el montaje de los distintos aparatos (fig. 42).



Fig. 42 Soporte universal

Tela metálica amiantada: rejilla cuadrada de hierro o de cobre, con amianto. Se coloca sobre el aro o el trípode cuando se desea calentar una sustancia. Se utiliza para que el calor del mechero de alcohol o del quemador de gas se extienda por toda su superficie y se logre un calentamiento homogéneo (fig.43).

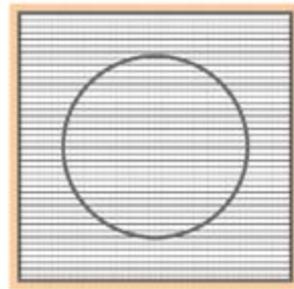


Fig. 43 Tela metálica amiantada

Trípode: aro sostenido por tres partes, todo de metal, en el que se coloca el recipiente con la sustancia que se calentará (fig. 44).



Fig. 44 Trípode

V) Equipos

Balanza: existen diferentes modelos con distintos grados de precisión y de sensibilidad. Se utiliza para determinar la masa de sustancias. La más usada en el laboratorio escolar es la balanza de tres brazos. Cada brazo graduado está provisto de masas deslizantes (fig. 45).

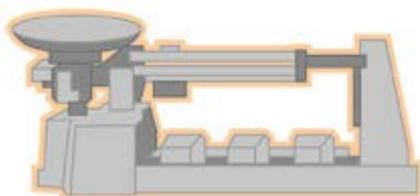


Fig. 45 Balanza

Mechero de alcohol: consta de tres partes: una base o recipiente que se utiliza como depósito de combustible (etanol o alcohol etílico) y que termina en una boquilla de menor diámetro, un tapón con aditamento para la mecha y una tapa o casquete para cubrir la mecha y apagar la llama. Es la fuente de calor más comúnmente empleada en el laboratorio escolar. Puede ser de vidrio, de metal o plástico (fig. 46).



Fig. 46 Mechero de alcohol

Con el fin de evitar un incendio u otro tipo de accidente, al trabajar con el mechero de alcohol deben cumplirse las medidas siguientes:

1. Manipula el mechero con cuidado para evitar que se derrame el alcohol.
2. Enciende el mechero con un fósforo y no con otro mechero encendido.
3. No añadas alcohol al mechero cuando está encendido.
4. Apaga el mechero cubriendo la llama con la tapa y no soplándola.
5. Mantén cubierta la mecha con la tapa cuando no se esté utilizando el mechero.
6. Para calentar sustancias utiliza la cápsula de porcelana, el crisol, el tubo de combustión o los recipientes de vidrio siguientes: tubo de ensayo

(resistente al calor), vaso de precipitados, erlenmeyer, balón, balón de destilación y matraz.

7. Al calentar una sustancia contenida en un recipiente, coloca este en la zona o tercio superior de la llama, pues es la que posee una temperatura más elevada. Si el recipiente es un tubo de ensayos, evita que su fondo toque la mecha, ya que pudiera rajarse.
8. En caso de incendio cubre las llamas con un paño, con agua o con arena.

Termómetro: se usa para medir temperaturas. Consta de un pequeño recipiente lleno de líquido (mercurio o alcohol), prolongado por un tubo capilar en el cual se ha practicado el vacío. Las variaciones de temperatura provocan en esa masa de líquido una dilatación o una contracción que hacen variar su volumen. El nivel que alcanza dicho líquido indica en la escala dispuesta a lo largo del tubo, la temperatura a la que funde o hierve una sustancia, que tienen las sustancias formadas en una reacción química, etcétera (fig. 47).



Fig. 47 Termómetro

Experimentos químicos escolares

Experimentos de clase

1. *Propiedades físicas de algunas sustancias puras*

Tarea

Compara las sustancias puras dadas a partir de algunas de sus propiedades físicas.

Consideraciones previas

¿Qué es una sustancia pura?

Menciona cuatro de las reglas que deben cumplirse al trabajar con las sustancias en el laboratorio de Química.

Útiles y reactivos

Útiles y reactivos	Cantidad
Tubo de ensayos	5
Gradilla	1
Probeta de 10 mL	1
Frasco lavador con agua	1
Muestras de distintas sustancias puras	

Procedimiento

1. Observa y describe cada una de las muestras de las sustancias dadas en sendos tubos de ensayos. Anota tus observaciones en la tabla 1.
2. Añade 5-10 mL de agua en cada tubo de ensayos. Agita. Observa y describe lo ocurrido. Clasifica cada sustancia según su solubilidad en agua y anótalo en la tabla 1.

Valoración

1. Llena en tu libreta la tabla 1 y compara las sustancias dadas.

Tabla 1 Algunas propiedades físicas de varias sustancias puras

Sustancia (nombre)	Estado de agregación	Color	Olor	Solubilidad en agua	t. f (°C)	t. eb (°C)	Densidad

2. Argumenta la afirmación siguiente: Las propiedades permiten caracterizar a las sustancias y establecer semejanzas y diferencias entre ellas.

2. Combustión de algunas sustancias en atmósfera de dióxígeno

Tarea

Haz reaccionar el dióxígeno con metales, no metales y otra sustancia.

Consideraciones previas

1. Menciona las propiedades físicas del dióxígeno.
2. El dióxígeno reacciona con muchos metales. ¿Qué sustancia se forma? Representa esta reacción mediante un esquema con palabras.
3. El dióxígeno reacciona con muchos no metales. ¿Qué sustancia se forma? Representa esta reacción mediante un esquema con palabras.
4. El dióxígeno reacciona con los hidrocarburos. ¿Qué sustancias se forman? Representa esta reacción mediante un esquema con palabras.
5. Menciona cuatro de las reglas que deben cumplirse al trabajar con las sustancias en el laboratorio de Química.

Útiles y reactivos

Útiles y reactivos	Cantidad
Frasco de boca ancha de 250 mL	3
Tapón sin horadar	3
Cucharilla de combustión	1
Mechero de alcohol	1
Vidrio reloj	1
Octazufre	2g
Lana de acero	1g
Astilla de madera	1
Magnesio (cinta)	
Dióxígeno	

Procedimiento

- a) Reacción del dióxígeno con metales

- ▶ Coloca lana de acero en una cucharilla de combustión. Caliéntala hasta lograr algunos puntos de ignición. Introdúcela en un frasco con dióxígeno. Describe lo ocurrido.
 - ▶ Calienta una cinta de magnesio hasta lograr su punto de ignición. Para ello utiliza una pinza. Describe lo ocurrido.
- b) Reacción del dióxígeno con no metales
- ▶ Coloca 2 g de octazufre en una cucharilla de combustión.
 - ▶ Caliéntalo hasta que comience a arder. Introdúcelo en un frasco con dióxígeno. Describe lo ocurrido.
- c) Combustión de la madera.
- ▶ Calienta una astilla de madera hasta un punto de ignición.
 - ▶ Introdúcela en un tubo de ensayo con dióxígeno. Describe lo ocurrido.

Valoración

1. Representa mediante un esquema con palabras la reacción química del dióxígeno con hierro en la que se obtiene un sólido negrozco llamado óxido de hierro (II) y (III). Considera que esta reacción es exotérmica.
2. Representa mediante un esquema con palabras la reacción química del dióxígeno con magnesio en la que se forma un sólido blanco denominado óxido de magnesio. Considera que esta reacción es exotérmica.
3. Representa mediante un esquema con palabras la reacción química del dióxígeno con octazufre en la que se obtiene un gas incoloro nombrado dióxido de azufre. Considera que esta reacción es exotérmica.
4. La madera es una mezcla de sustancias que está constituida fundamentalmente por celulosa, que es sólida. Al reaccionar el dióxígeno con esta sustancia se forman dos gases: dióxido de carbono y agua. Representa mediante un esquema con palabras la reacción química del dióxígeno con celulosa. Considera que esta reacción es exotérmica.

Prácticas de laboratorio

1. Separación de los componentes de una mezcla de sustancias

Tarea

Separa los tres, cuatro o cinco componentes de la mezcla de sustancias entregada.

Consideraciones previas

1. ¿Cómo se nombran las operaciones estudiadas para la separación de los componentes de una mezcla de sustancias
2. ¿En qué consiste cada una de ellas?
¿Para qué se realiza cada una de dichas operaciones?
3. Teniendo en cuenta los componentes de la mezcla de sustancias entregada, representa la separación de estos mediante un diagrama de flujo.
4. Formula una predicción referida a cómo separar los componentes de dicha mezcla de sustancias.

Útiles y reactivos

Útiles y reactivos	Cantidad
Soporte universal	1
Aro o anilla	1
Nuez o mordaza	1
Embudo	1
Papel de filtro	1
Cápsula de porcelana	1
Pinza para crisol	1
Mechero de alcohol	1
Vidrio reloj	1
Agitador	1
Pinza de extensión	1
Tubo de ensayos	2
Gradilla	1
Tapón monohoradado	1
Tubo de vidrio doblado	2
Pedazo de tela	1
Vaso de precipitados de 50 mL	3
Mezcla de sustancias	1

Procedimiento

1. Observa y describe la mezcla de sustancias colocada sobre tu mesa. Anota.
2. Separa los componentes de esa mezcla como propusiste, es decir, a partir del diagrama de flujo elaborado y tu predicción.

Valoración

1. A partir de tus resultados experimentales, di si la predicción formulada es cierta o falsa. Si es falsa, entonces rectifícala.
2. ¿En qué propiedades de los componentes se basó la separación de cada uno?
3. ¿Ocurrió una reacción química al separar los componentes de la mezcla de sustancias? Argumenta.

2. Estudio de la obtención del dioxígeno y de algunas de sus propiedades

Tarea

Obtén dioxígeno y comprueba algunas de sus propiedades químicas.

Consideraciones previas

1. Realiza los ejercicios 2.46 y 2.48 de tu libro de texto.
2. Describe las condiciones en las que el dioxígeno reacciona con los metales, los no metales y algunas sustancias compuestas estudiadas.
3. En el laboratorio el dioxígeno puede obtenerse a partir de sustancias sólidas o líquidas. Entre las sustancias sólidas se encuentra el permanganato de potasio y el clorato de potasio y entre las líquidas el peróxido de hidrógeno.
4. En el diseño y montaje de los aparatos para la obtención de las sustancias se tienen en cuenta las propiedades de las sustancias que intervienen en la reacción química, es decir, que reaccionan y se producen, y las condiciones en que esta transcurre.

Procedimiento

1. Monta el aparato con el diseño ya revisado por tu profesor. No comiences la obtención hasta que no se apruebe el montaje.
2. Llena tres frascos con dioxígeno.
3. Introduce una astilla de madera incandescente en uno de los frascos. Observa y describe.

4. Coloca cobre en polvo en una cucharilla de combustión y caliéntalo a la llama de un mechero. Introdúcelo en el segundo frasco. Observa y describe.
5. Coloca octazufre en una cucharilla de combustión y enciéndelo a la llama de un mechero. Introdúcelo en el tercer frasco con dióxígeno. Observa y describe.

Valoración

1. Compara la intensidad de la combustión de la madera y del octazufre en el aire y en el dióxígeno puro. Explica.
2. Representa mediante el esquema con palabras las reacciones químicas de:
 - a) Combustión del carbono, del cobre y del octazufre.
 - b) Clasifica las reacciones químicas representadas según el criterio energético. Argumenta.
3. ¿Puede recogerse el dióxígeno por desplazamiento del aire? Argumenta.
4. Menciona algunas de las provincias de nuestro país donde se obtiene industrialmente el dióxígeno por desplazamiento del aire.
5. ¿Qué modificaciones sería necesario hacerle al aparato de obtención para recoger el dióxígeno por desplazamiento de aire? Dibuja el esquema.

GLOSARIO

Aceite lubricante: es toda sustancia que se coloca entre dos superficies móviles para disminuir la fricción y el desgaste.

Aleación: producto homogéneo obtenido por fusión, compuesto de dos o más sustancias simples, una de las cuales, al menos, debe ser un metal. Las aleaciones serán estudiadas en cursos posteriores.

Coloide: sistema formado por dos o más fases, principalmente: una continua normalmente fluida y otra dispersa en forma de partículas, generalmente sólidas. La fase dispersa se encuentra en menor proporción.

Contaminante recalcitrante: es aquel que, por tener una estructura muy estable químicamente, se resiste al ataque de los microorganismos o de cualquier mecanismo de degradación, sea biológico o químico.

Degradación: pérdida en la calidad en las cualidades y características de algo o alguien que se da de modo progresivo.

Densidad: esta magnitud relaciona la masa y el volumen de una sustancia. Mientras menor sea la densidad de una sustancia, esta será más ligera y viceversa.

Diagrama de flujo: es un tipo de esquema muy útil con el que se representa, de forma breve y sencilla, la separación de los componentes de una mezcla de sustancias, en particular el orden en que se llevan a cabo las operaciones y las sustancias que se añaden y se separan.

Dihidrógeno: sustancia igualmente conocida con el nombre de hidrógeno.

Dinitrógeno: sustancia también llamada comúnmente nitrógeno.

Dioxinas: constituyen un grupo de compuestos químicos que son contaminantes persistentes (DOP). Se encuentran en el medio ambiente de todo el mundo y se acumulan en la cadena alimentaria, principalmente en el tejido adiposo de los animales.

Ductilidad: propiedad física que tienen los metales y las aleaciones de ser convertidos en alambres.

Etanol: es un alcohol. Los alcoholes son una familia de sustancias orgánicas. Entre estos también se encuentran el metanol (nocivo para la salud

humana) y los llamados alcoholes de 90° (para preparar medicamentos), antipirético (para bajar la fiebre) y 70 % (antiséptico cutáneo para antes de inyectar, utilizado por los diabéticos).

Feldespatos: es un componente esencial de muchas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Fungicidas: son plaguicidas que matan o previenen el crecimiento de hongos y sus esporas, los cuales deben eliminarse ya que pueden llegar a dañar o matar todo tu cultivo.

Glucosa: es un carbohidrato. Los carbohidratos son una familia de sustancias orgánicas e importantes fuentes de energía para todos los organismos.

Herbicidas: es un producto químico que permite destruir las hierbas indeseadas. Se trata de un plaguicida cuya acción suele concentrarse en las hormonas de las plantas para impedir que los ejemplares crezcan.

Hidrocarburos: constituye una familia de sustancias orgánicas. El petróleo es una mezcla de hidrocarburos y de él se separa, mediante una destilación fraccionada, la gasolina, el fueloil, etcétera.

Insecticidas: es un producto químico utilizado para controlar o matar insectos portadores de enfermedades. Puede ser orgánico e inorgánico.

Mapa conceptual: es un diagrama que ayuda a entender o explicar un tema en específico al visualizar las relaciones entre los conceptos e ideas. Crear uno puede ser una gran ayuda al momento de estudiar, al permitirte organizar la información. Se compone de conceptos o nodos y de líneas de relación que establecen los nexos entre los distintos nodos y dejan ver la relación que existe entre ellos.

Masa bruta y masa neta: para poder calcular la masa bruta y o la neta de algo, se debe conocer la masa de la tara, que es la masa en la que se envía el producto. Así:

Masa bruta = masa de la tara + masa neta

Masa neta = masa bruta - masa de la tara

Maleabilidad: propiedad física que tienen los metales y las aleaciones de ser convertidos en láminas.

Meteorización: descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estas sustancias entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y biósfera.

Napalm: Sustancia a base de gasolina en estado de gel, altamente inflamable y que arde lentamente. Es usada en lanzallamas y en bombas incendiarias.

Plaga: organismos que aparecen de manera súbita en gran cantidad, generando daños a las personas, los cultivos, etcétera.

Plaguicida: es una combinación de sustancias que se emplea para ahuyentar o eliminar las plagas.

Predicción: es una proposición (afirmación), científicamente fundamentada, acerca de un fenómeno aún desconocido, realmente posible y que puede o no existir. Ejemplo: el pronóstico del tiempo o parte meteorológico de lo que debe acontecer al día y los días siguientes. Se formula utilizando diversos datos, cálculos, modelos, mapas, etcétera. Cuando el fenómeno ocurre, puede suceder que la previsión o pronóstico científico no concuerde, total o parcialmente, con la realidad. La predicción no es una hipótesis, ambas pueden ser verdaderas o falsas. Por eso deben comprobarse en la práctica.

Sacarosa: es un carbohidrato. Los carbohidratos son una familia de sustancias orgánicas e importantes fuentes de energía para todos los organismos.

Salinización de los suelos: es una degradación de los suelos que consiste en la acumulación en ellos de las sales disueltas en las aguas o por el exceso de fertilizantes usados para su fertilización. La sal predominante es el cloruro de sodio, la cual imposibilita el cultivo de plantas.

Smog: palabra derivada de los términos *smog* y *flog*, que significan humo y niebla, respectivamente.

Temperatura de ebullición: es aquella a la cual ocurre un cambio de estado de agregación de una sustancia de líquido a gas.

Temperatura de fusión: es aquella a la cual ocurre un cambio de estado de agregación de una sustancia de sólido a líquido.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, Z., A. URÍA, L. GRAU, J. SAUTIÉ y F. MESA.: *Orientaciones metodológicas Química 11.º grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1978.
- _____: *Orientaciones metodológicas Química 12.º grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1983.
- BLANCO, J. y J. PEREYRA.: *Química Inorgánica. Enlace químico. Periodicidad química, t. 1*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2001.
- BLASCO, M.: *Química*, Ed. Faenza Editrice Ibérica, 2001.
- CAMPISTROUS, L. y C. RIZO.: *Sobre la estructura didáctica y metodológica de la clase, soporte magnético*, ICCP, La Habana, 2002.
- CHANG, R. y W. COLLAGE.: *Química*, Mc. Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V., 7.ª ed., 2002.
- Colectivo de autores: *Didáctica*, Mined, La Habana, 1965.
- _____: *Didácticas de las Ciencias. Nuevas perspectivas*, Palacio de Convenciones, La Habana, 2010.
- _____: *Fundamentos del materialismo dialéctico e histórico*, Ed. Orbe, Instituto del Libro, La Habana, 1975.
- _____: *Lecciones de Filosofía Marxista-Leninista*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2000.
- _____: *Nivel básico común de la escuela cubana*, impresión ligera, ICCP, La Habana, 1985.
- _____: *Problemas Fundamentales del materialismo dialéctico*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1967.
- Comenio, J. A.: *Didáctica Magna*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1983.
- Diccionario de Filosofía*, Ed. Progreso, Moscú, 1968.
- Diccionario Pequeño Larousse Ilustrado*, Edición Revolucionaria, Instituto del Libro, La Habana, 1968.
- FIALLO, J.: *La evaluación como categoría didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje*, Colección Ruta Pedagógica, Lima, 2009.
- FREY, R.: *Química Moderna*, Ed. Montaner y Simon, S. A., 1968.

- Guétmanova, A.: *Lógica*, Ed. Progreso, Moscú, 1989.
- HEDESA, Y.: *Concepción del curso de Química en la Educación General*, edición ligera, ICCP, La Habana, 1990.
- _____: *Didáctica de la Química*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2013.
- _____: *Didáctica y currículo de la Química en la Educación Media cubana*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2023.
- _____: *Lo externo y lo interno en el estudio de las sustancias y sus transformaciones en la clase de química*, soporte magnético, UCP Enrique J. Varona, La Habana, 2009.
- HEDESA, Y., M. CUERVO, F. PÉREZ y J. HERNÁNDEZ.: *Química Secundaria Básica, Parte 1*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2009.
- _____: *Química Secundaria Básica, Parte 2*, Ed. Pueblo y Educación, 1991.
- HERNÁNDEZ, J. I. COMENDEIRO, L. GUTIÉRREZ y M. MARTÍNEZ.: *Química 10.º Grado*, Ed. Pueblo y Educación, 1992.
- JODAKOV, Y.: *Química Inorgánica. Primera parte. Libro de texto para escolares*, Ed. Mir, Moscú, 1987.
- _____: *Química Inorgánica. Segunda parte. Libro de texto para escolares*, Ed. Mir, Moscú, 1987.
- KONSTANTINOV, F.: *Fundamentos de Filosofía Marxista-Leninista Parte 1. Materialismo Dialéctico*, Editorial de Ciencias Sociales, Ciudad de La Habana, 1976.
- LÓPEZ, M.: *¿Cómo enseñar a determinar lo esencial?*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1989.
- PÉREZ, A. C.: *Apuntes para una didáctica de las Ciencias Naturales*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2004.
- PÉREZ, F., M. CUERVO y Y. HEDESA.: *La enseñanza de la Química y el desarrollo intelectual. Un desafío didáctico y curricular*, La Habana, 2002.
- PÉREZ, F. y Y. HEDESA.: *El experimento en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química*, Palacio de las Convenciones, La Habana, 2010.
- PETRUCCI, R. H.: *Química General*, Pearson Education S. A., Madrid, 2003.
- RABASSA, B. y R. MENÉNDEZ.: *"La enseñanza de la Química"*, Ciencia de la Educación, (1): 1970.
- RIZO, C.: *Algunas consideraciones de la Filosofía Marxista con relación a las ciencias y a su estructuración en la enseñanza. Situación especial de la Matemática*, Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, La Habana, 1999.

ROSSA, E.: "La enseñanza de las Ciencias Naturales desde el punto de vista de nuestra concepción del mundo", *Revista Deutsche Zeitschrift für Philosophie* (9), Ed. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlín, 1978.

_____: *Uso del experimento en la clase de Química*, notas de pasantía, Berlín, 1989.

SILVESTRE, M. y J. ZILBERSTEIN.: *Cómo hacer más eficiente el aprendizaje*, Editora Magisterial, Servicios Gráficos, Lima, 2001.

_____: *Enseñanza y aprendizaje desarrollador*, Editora Magisterial, Servicios Gráficos, Lima, 2001.

TIMBERLAKE, K.: *Química General, orgánica y biológica. Estructuras de la vida*, 4.ª ed., Pearson Educación de México, S. A. de C. V., México, 2013.

