

Levy Noé Inzunza Camacho

# Reacciones Químicas

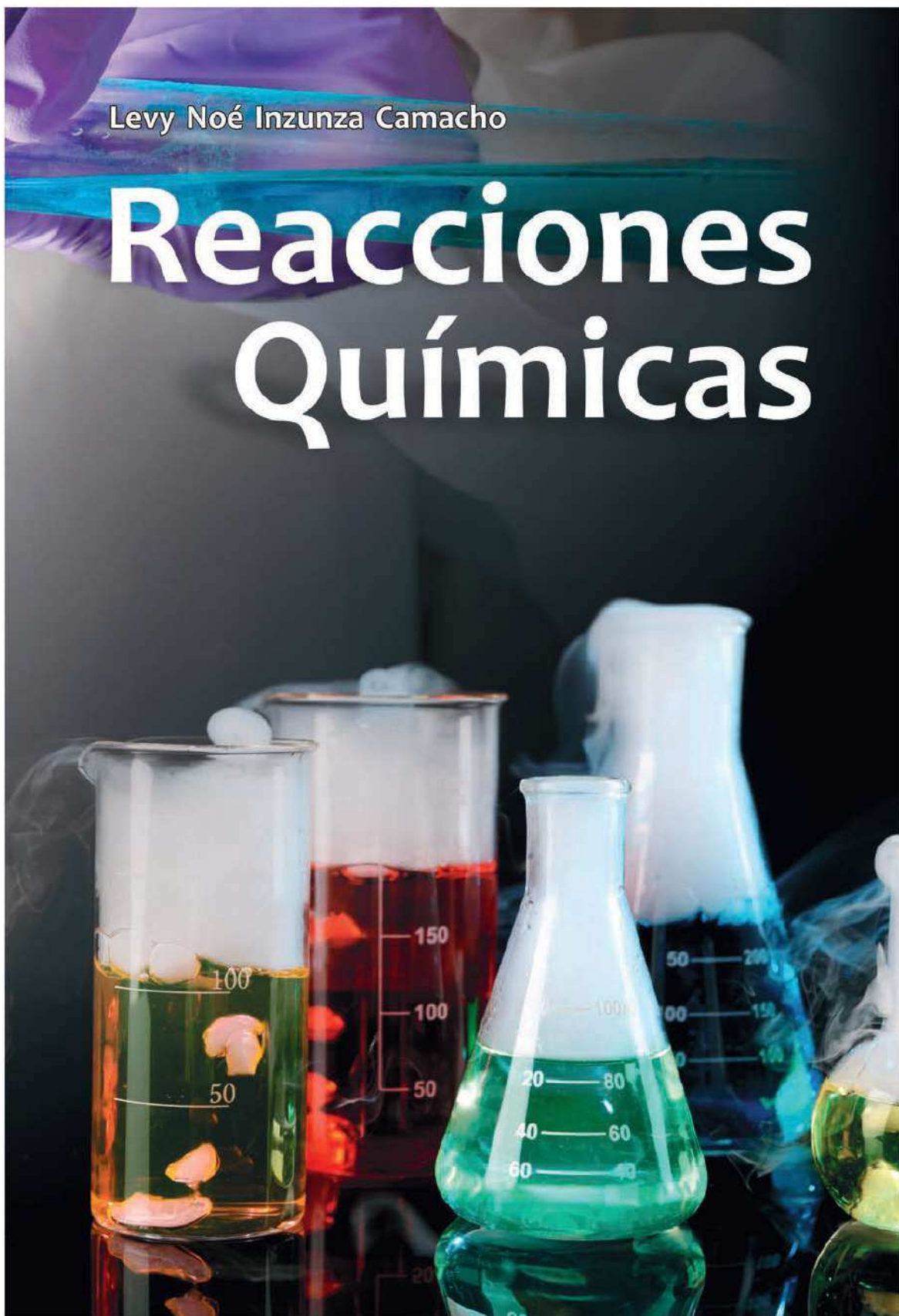






Levy Noé Inzunza Camacho

# Reacciones Químicas



## **REACCIONES QUÍMICAS**

*Levy Noé Inzunza Camacho*

Primera edición, noviembre de 2024

Universidad Autónoma de Sinaloa  
Dirección General de Escuelas Preparatorias  
Ciudad Universitaria. Circuito Interior Ote. S/N. C.P. 80013  
Teléfono: 667 712 1653, Culiacán, Sinaloa, Mexico

D.R. © Servicios Editoriales Once Ríos, S.A. de C.V.  
Luis González Obregón S/N, C.P. 80135, Nuevo Bachigualato,  
Teléfono: 667 712 2950, Culiacán, Sinaloa, México

Diseño editorial: Servicios Editoriales Once Ríos, S.A. DE C.V.  
Diseño de portada: Irán Ubaldo Sepúlveda Leon

Número de Registro: 03-2024-110510370900-01  
ISBN: 978-607-9432-69-0

Prohibida la reproducción total o parcial de la obra por cualquier medio o método  
o en cualquier forma electrónica, mecánica, incluso fotocopia, o sistema para recuperar  
información, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright*  
Todos los derechos reservados

Impreso en México  
*Printed in Mexico*

# Presentación

Las *Reacciones Químicas*, enmarcadas dentro del Área de Conocimiento de Ciencias Naturales, Experimentales y Tecnología correspondientes al segundo semestre del bachillerato de la Universidad Autónoma de Sinaloa, se abordan a través de 14 etapas de progresión. Estas etapas tienen un impacto significativo en el logro de las metas de aprendizaje, tanto en los conceptos centrales como en los transversales

Las metas de aprendizaje en Ciencias Naturales, Experimentales y Tecnología se refieren a los conocimientos y habilidades que se espera que el estudiantado desarrolle a lo largo de su trayectoria en la Unidad de Aprendizaje Curricular (UAC). Para alcanzar dichas metas, se integran conceptos centrales, conceptos transversales y prácticas de ciencia e ingeniería, lo que permite generar y fortalecer el conocimiento, la experiencia y el aprendizaje, los cuales se movilizan a través de las progresiones de aprendizaje

Para lograr una comprensión profunda de la materia, es esencial analizarla desde la perspectiva de los tipos de átomos que la conforman, así como las interacciones que ocurren entre ellos y dentro de sus estructuras. Muchos de los fenómenos observados, tanto en sistemas vivos como inertes, son el resultado de reacciones químicas en las que se conserva el número de átomos de cada elemento, aunque su disposición puede modificarse. En contraste, las reacciones nucleares, que implican cambios en los núcleos atómicos, son fundamentales para la liberación de energía en el Sol

Cabe destacar que este libro pretende ser una herramienta esencial para el desarrollo educativo del estudiantado, ofreciendo actividades y proyectos que permitan evidenciar su progreso a lo largo del curso

Aprovecho la ocasión para expresar mi más sincero agradecimiento a d.e. Leticia Sánchez por su minuciosa revisión del texto, realizada con gran cuidado y detalle. Su valioso apoyo fue crucial para la correcta redacción y finalización de esta obra. Los errores aún existentes son eternamente mi responsabilidad.

Agradecemos a todos los docentes de las diversas unidades académicas que contribuyeron a la creación de este material en su primera edición de 2024, cuyos nombres se mencionan a continuación.

## Colaboradores

Nombre	UAP
Felipa Acosta Ríos	Dirección General de Escuelas Preparatorias
Adán Meza Sánchez	Cmte. Víctor Manuel Tirado López
Carlos Fernando Saucedo López	2 de octubre
Quetzalli Alejandra Hernández Zárate Diego Alberto Ayón Manrique Ojeda Ayala	La Cruz
Blanca Delia Coronel Mercado Cecilia del Rosario Zazueta Rodríguez María del Carmen Villegas Ruvalcaba	Hermanos Flores Magón

Teresita de Jesús Millán Valenzuela Celso Olais Leal	Los Mochis
Ana Esperanza Camacho López	Navolato
Héctor Melesio Cuén Díaz	Facultad de Contaduría y Administración
Araceli Zarabia Salazar	Dr. Salvador Allende
Bibiane Pierre Noel Gilles	Lázaro Cárdenas
José Pablo Ruelas Leyva Sergio Aarón Jiménez Lam Gloria Marisol Castañeda Ruelas	Facultad de Ciencias Químico Biológicas
Lorenzo Antonio Picos Corrales	Facultad de Ingeniería Culiacán
Fernando Javier Sánchez Rodríguez	Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Jesús Ariel Castro López	Universidad Autónoma de Barcelona
Maykel Courel Piedrahita	Universidad de Guadalajara

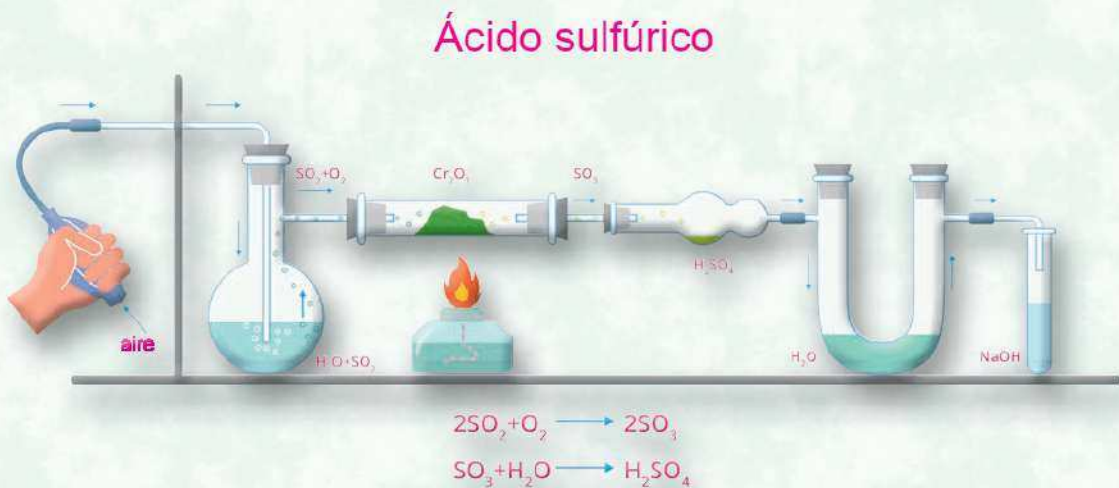
# Contenido

- Presentación. ✨ 5
- Progresión 1. Las sustancias reaccionan químicamente de formas características. En un proceso químico, los átomos que componen las sustancias originales llamadas reactivos se reagrupan formando diferentes sustancias, denominadas productos, que se caracterizan por tener propiedades distintas a las de los reactivos. ✨ 9
- Progresión 2. Algunas reacciones químicas liberan energía, otras absorben energía. ✨ 17
- Progresión 3. Cada átomo tiene una subestructura con cargas eléctricas, que consiste en un núcleo con protones y neutrones, rodeado de electrones. ✨ 25
- Progresión 4. La tabla periódica ordena los elementos químicos horizontalmente por el número de protones en el núcleo del átomo y coloca aquellos con propiedades químicas similares en columnas. Los patrones repetitivos de esta tabla se asocian a los patrones de la configuración de electrones externos. ✨ 31
- Progresión 5. Los ejemplos de propiedades que son predecibles a partir de patrones incluyen la reactividad de los metales, los tipos de enlaces formados, la cantidad de enlaces formados y las reacciones con el oxígeno. ✨ 43
- Progresión 6. La atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explica la estructura, propiedades y transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los objetos materiales. ✨ 56
- Progresión 7. El hecho de que los átomos se conserven, aunado al conocimiento de las propiedades químicas de los elementos involucrados, puede usarse para describir y predecir reacciones químicas. ✨ 65
- Progresión 8. Una molécula estable tiene menos energía que el mismo conjunto de átomos cuando están separados, se debe proporcionar al menos esta energía para romper los enlaces de la molécula. ✨ 80



- Progresión 9. Es posible establecer relaciones proporcionales entre las masas de los átomos en los reactivos y los productos, y la traducción de estas relaciones a la escala macroscópica usando el concepto de mol como la conversión de la escala atómica a la escala macroscópica. ✨ 92
- Progresión 10. Un equilibrio dinámico ocurre cuando dos procesos reversibles suceden a la misma velocidad. Diversos procesos (como determinadas reacciones químicas) son reversibles y cuando están en un equilibrio dinámico, la reacción inversa ocurre a la misma velocidad. ✨ 104
- Progresión 11. Los procesos químicos, sus velocidades y si requieren energía o la liberan, pueden entenderse en términos de colisiones de átomos o moléculas y reordenamiento de átomos para formar distintas sustancias, con los consiguientes cambios en la suma de las energías de enlace de todas las moléculas y los cambios correspondientes en la energía cinética. ✨ 113
- Progresión 12. Si un sistema en equilibrio es perturbado, el sistema evoluciona para contrarrestar dicha perturbación, llegando a un nuevo estado de equilibrio. ✨ 124
- Progresión 13. Los procesos nucleares, incluida la fusión, la fisión y la desintegración radiactiva de núcleos inestables, implican la liberación o absorción de energía. El número total de neutrones más protones no cambia en ningún proceso nuclear. ✨ 131
- Progresión 14. La ciencia como un esfuerzo humano para el bienestar. La química del aire ¿cómo mejorar lo que respiramos? ✨ 141
- Bibliografía consultada ✨ 150
- Referencias de figuras, cuadros, tablas y fotografías ✨ 152
- Información de QR ✨ 159

Las sustancias reaccionan químicamente de formas características. En un proceso químico, los átomos que componen las sustancias originales llamadas reactivos se reagrupan formando diferentes sustancias, denominadas productos, que se caracterizan por tener propiedades distintas a las de los reactivos.



## Progresión de aprendizaje 1

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.

## 1.1 Identificación de cambios químicos y lenguaje de la Química

[Lectura]

### ► La alquimia y un mundo nuevo

Al adentrarse Luisa en el fascinante mundo de la química, el periodo que más llamó su atención fue el de la alquimia, ubicado en la Edad Media entre los años 500 a.C. y 1500 d.C. Este periodo destacó por el desarrollo de las raíces experimentales de la química, envueltas en un profundo misticismo y espiritualismo, en la búsqueda de la “piedra filosofal” y el “elixir de la vida”. El primer propósito era transmutar los metales “viles” (baratos) en oro, mientras que el segundo buscaba evitar la vejez y alcanzar la eterna juventud (figura 1.1). Aunque estos objetivos no se lograron, en el intento, los alquimistas desarrollaron procedimientos físicos como la destilación, sublimación, calcinación, evaporación y el baño María. Diseñaron aparatos como el crisol y la retorta, lo que permitió descubrir nuevas sustancias como el fósforo y el azufre, así como obtener ácidos minerales, tales como el clorhídrico, sulfúrico y nítrico. La curiosidad de Luisa la llevó a investigar en diversas fuentes sobre los oxiácidos. Descubrió que el ácido sulfúrico era conocido por los alquimistas como “aceite de vitriolo” y que fue



Figura 1.1 Alquimia.



Figura 1.2 Lluvia ácida.

obtenido en el siglo VIII por un alquimista árabe. Días antes, su maestra de química había comentado en clase que los óxidos ácidos, o anhídridos, al reaccionar con el agua forman oxiácidos. Además, mencionó que oxiácidos como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico son ácidos fuertes presentes en la lluvia ácida (figura 1.2). Esto la llevó a proponerse realizar un experimento. Primero, buscó información sobre el pH del agua de lluvia y encontró que, cuando el aire está limpio, el pH es normalmente de 6.5. Sin embargo, cuando el pH es menor a 5.6, se considera “lluvia ácida”. Posteriormente, midió el pH de las lluvias registradas durante el mes de julio en su comunidad, y descubrió que el pH del agua de lluvia disminuye cuando se presentan tormentas eléctricas.

Autor: Javier Cruz Guardado.

### Actividad 1.1

Con base en la lectura anterior contesta las siguientes preguntas

1. ¿Cuáles fueron los propósitos más importantes de los alquimistas?
2. ¿En qué etapa de la historia de la química se obtuvo el ácido sulfúrico?

3. ¿Explica si es posible hoy la transmutación de un elemento en otro?
4. ¿Conoces las fórmulas químicas de los ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico?
5. ¿El ácido sulfúrico fue obtenido por los alquimistas, ¿qué método se utiliza en el laboratorio escolar para su obtención?

Un proceso es un evento durante el cual ocurre una transformación o cambio en un sistema. Seguramente en tu curso de “La materia y sus interacciones” revisaste que en la naturaleza existen muchos procesos físicos en los que ocurren cambios de tamaño, forma, posición y estados de agregación de la materia. Estos cambios pueden presentarse por diversas causas, como modificaciones en la temperatura, la presión, la aplicación de una fuerza mecánica o la acción de fuerzas a distancia, como las magnéticas y las electrostáticas.

El estudio de los cambios que ocurren en la naturaleza es uno de los objetivos centrales de las investigaciones en el campo de la química. En estos estudios, es fundamental aprender a distinguir entre procesos que no producen cambios en la composición química de las sustancias involucradas, de aquellos en los que se generan nuevos compuestos químicos.

La identificación de los tipos de cambios que experimentan las sustancias es crucial, ya que permite controlar estos procesos y predecir cómo se transformará el mundo que nos rodea ante fenómenos inesperados o alteraciones intencionales del ambiente. Por ejemplo, hoy en día es común hablar del calentamiento global. Sin embargo, para entender y controlar este fenómeno, es fundamental tener una comprensión clara de lo que ocurre cuando se queman los combustibles utilizados en nuestros automóviles y fábricas. Además, es necesario entender las transformaciones que sufren las sustancias producidas en este proceso una vez que se incorporan a la atmósfera.

Cuando en un sistema ocurre un cambio o una reacción química, generalmente se observan diferencias que indican la formación de nuevas sustancias. Por ejemplo, la formación de espuma o burbujas es una evidencia de que se está produciendo un gas. Otras señales de un cambio químico incluyen la aparición de un producto colorido, la liberación o absorción de energía, y la producción de un olor característico.

La identificación de un cambio químico se facilita al conocer las propiedades químicas de las sustancias involucradas. Estas propiedades describen la capacidad de una sustancia para reaccionar con otras y formar nuevos compuestos con propiedades físicas y químicas diferentes (figura 1.3). Una propiedad química del hierro (Fe) es su reacción con el oxígeno ( $O_2$ ) para formar óxido de hierro III ( $Fe_2O_3$ ) a temperatura ambiente. En contraste, el platino (Pt) no reacciona con el oxígeno bajo las mismas condiciones. La ausencia de cambios químicos también se considera una propiedad. No solo la capacidad de reacción de una sustancia es una propiedad química, sino también su inestabilidad o tendencia a descomponerse.



Figura 1.3 El cobre reacciona con ácido nítrico, generando nitrato de cobre (II), un compuesto de color verde y soluble en agua, así como dióxido de nitrógeno, un gas rojizo.



Figura 1.4 Reacción entre aluminio y yodo para formar yoduro de aluminio.

## 1.2 Manifestaciones y representación de las reacciones químicas

A veces, distinguir entre un cambio físico y uno químico no es sencillo a simple vista. Sin embargo, las reacciones químicas tienen características distintivas que nos permiten identificarlas. La más importante es que, durante una reacción química, se forman nuevas sustancias que no estaban presentes en el sistema previamente (figura 1.4). Otro rasgo característico es que las transformaciones químicas implican una transferencia de energía entre las sustancias que reaccionan y su entorno. En algunas reacciones químicas, se libera energía en forma de calor, como cuando se quema un papel. En otras, como en la fotosíntesis, se absorbe energía, como cuando las plantas convierten dióxido de carbono y agua en glucosa utilizando la energía solar. Para comprender, tanto la formación de nuevas sustancias en una reacción química como el motivo por el cual se absorbe o libera energía en estos procesos, es útil desarrollar modelos basados en la composición atómica de las sustancias involucradas.

### Actividad 1.2

Infiere y represente en su cuaderno de notas de manera simbólica cuál es la ecuación química.

A continuación, se describen varias reacciones químicas.

- **Reacción 1:** El hierro reacciona con el oxígeno en el aire para formar óxido ferroso.
  - **Reacción 2:** El gas butano se quema en presencia de oxígeno para formar dióxido de carbono y agua.
  - **Reacción 3:** El sodio metálico reacciona con cloro para formar cloruro de sodio.
1. Deduzca o investigue las fórmulas químicas de los reactivos y productos mencionados.
  2. Escriba la ecuación química de cada proceso y proponga una representación a nivel nanoscópico.
  3. Con ayuda de su profesor, verifique que las ecuaciones químicas estén correctamente expresadas, es decir, con estados de agregación y balanceada correctamente.

### Actividad 1.3

El dueño de un centro de acopio de hierro viejo ha encontrado y guardado piezas de bicicletas. La imagen muestra cómo las ha organizado en contenedores, con la intención de utilizarlas para ensamblar bicicletas y venderlas posteriormente. Ayúdele a determinar cuántas bicicletas puede construir.



Figura 1.5 Piezas de bicicleta

Responda en su cuaderno las siguientes cuestiones con base en la figura 1.5

1. ¿Cuántas bicicletas se pueden formar con la cantidad de piezas descritas en la figura 1.5?

2. Representa el proceso de reúso mediante una ecuación, mostrando las piezas separadas al inicio y las bicicletas ensambladas con ellas al final. Completa la siguiente ecuación utilizando los símbolos indicados para cada pieza.

**Pista:** puedes usar el código siguiente:

M = manubrio, C = cuadro, A = asientas,  
R = rueda y B = bicicleta

3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de esta representación en comparación con la que usted dibujó?
4. ¿Cuántas ruedas se requieren para construir cinco bicicletas? ¿Y para  $(n)$  bicicletas?

Las reacciones químicas son procesos que ocurren en un periodo de tiempo determinado (figura 15). Para representarlas, es esencial mostrar las sustancias presentes antes del proceso y las que se obtienen al final. Como aprendiste en la secuencia anterior, es común utilizar una flecha para separar el “antes” del “después”, tal como lo hiciste al representar el proceso de reúso de piezas metálicas en la actividad anterior. A cada lado de la flecha se escriben las fórmulas de las sustancias involucradas: los reactivos a la izquierda y los productos a la derecha.



Reactivos  $\rightarrow$  Productos

Antes  $\rightarrow$  Después



Figura 16 Combustión de gas propano en una estufa.

Recuerda que las fórmulas químicas indican los tipos y cantidades de átomos que componen una unidad fundamental (molécula) de una sustancia. El número de unidades fundamentales asociadas a cada sustancia que participa en una reacción química se indica mediante un número, conocido como coeficiente estequiométrico, que se escribe a la izquierda de la fórmula química. Como observaste en la actividad anterior, estos símbolos son esenciales porque permiten determinar cuántas piezas se necesitan para ensamblar una cantidad fija de bicicletas, de manera similar a como se expresan las ecuaciones químicas.

La ventaja de representar las reacciones químicas mediante ecuaciones con fórmulas químicas, asegurando que la cantidad de átomos sea la misma al inicio y al final, e indicando el estado de agregación de las sustancias es que no solo resume una gran cantidad de información, sino que también constituye un lenguaje universalmente comprendido en todo el mundo.

Como estudiaste en *La materia y sus interacciones*, Antoine Laurent Lavoisier fue de los primeros en descubrir que la masa se conserva antes y después de un proceso químico, lo que le permitió enunciar la

Ley de la Conservación de la Masa (figura 1.4) Esta ley se cumple en una ecuación química, siempre que el número de átomos de cada elemento en los reactivos sea igual al número de átomos en los productos. En las ecuaciones que revisaste en la actividad inicial, pudiste verificar que el número de piezas de cada tipo se mantiene constante antes y después del proceso.

La correcta asignación de los coeficientes estequiométricos en los reactivos y productos permite representar la conservación de la masa en los procesos químicos. Cuando esto se logra, se dice que la ecuación “está balanceada”. Este proceso de asignar los coeficientes estequiométricos adecuados en una ecuación química se conoce como “balanceo”. A continuación, estudiaremos dos de los métodos para balancear reacciones químicas

### 1.3 Balanceo por tanteo

Balancear una ecuación química implica determinar los valores adecuados para cada coeficiente estequiométrico, de manera que el número de átomos de cada elemento sea igual en los reactivos y en los productos. El objetivo es que estos valores sean los mínimos posibles.

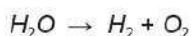
Recuerda que, una vez escritas las fórmulas químicas correctas, para balancear la ecuación no debes cambiar los subíndices de las fórmulas, pues esto alteraría la representación de la composición de las sustancias.

Existen varios métodos para balancear una ecuación química, entre ellos se encuentran: el método por tanteo, también conocido como aproximación o inspección; el método algebraico y el método de óxido-reducción

El balanceo por el método de tanteo, aproximación o inspección, consiste en tantear, probar, contar o ensayar hasta encontrar los coeficientes numéricos apropiados que permitan igualar el número de átomos de los reactivos y productos en la ecuación química. Para efectuar de manera más eficiente el balanceo por tanteo, se recomiendan los siguientes pasos:

1. Escribe correctamente las fórmulas en la ecuación

Por ejemplo, la electrólisis del agua



2. Identifica qué elementos están presentes en los reactivos y en los productos. Elabora una tabla. A continuación, se muestra una tabla mediante la representación de los átomos en la reacción de electrólisis del agua.

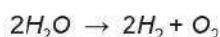
Elemento	Reactivos	Productos
H		
O		

3. Realiza la contabilidad de los átomos de cada elemento, tanto en reactivos como en productos.

Elemento	Reactivos	Productos
H	2	2
O	1	2

4. Observe que los átomos no están ajustados. Para balancear la ecuación, se colocan coeficientes a la izquierda de las fórmulas. No se pueden modificar los subíndices de cada elemento en una fórmula química, como puedes observar, esto cambiaría la sustancia. Primero, intentemos balancear un elemento y luego los otros. En este ejemplo, solo es necesario balancear el oxígeno, para lo cual se agrega un coeficiente estequiométrico de 2 a la izquierda de la fórmula química del agua. Con esta operación, se obtienen dos átomos de oxígeno en ambos lados de la ecuación.

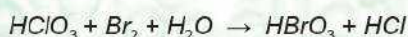
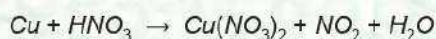
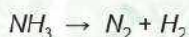
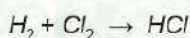
Sin embargo, los átomos de hidrógeno no están balanceados, ya que hay cuatro en los reactivos y solo dos en los productos



Elemento	Reactivos	Productos
H	4	4
O	2	2

### Actividad 1.4

Balancee las ecuaciones por el método de tanteo.



## 1.4 Método algebraico

Al balancear una ecuación química, se busca encontrar los coeficientes que aseguren la conservación del número de átomos de cada elemento. Este proceso se traduce en resolver un sistema de ecuaciones lineales. En muchos casos, este sistema es tan sencillo que se pueden encontrar soluciones particulares sin necesidad de escribir el sistema completo. Este es el caso de las ecuaciones que se balancean por tanteo. Sin embargo, esto no siempre es así.

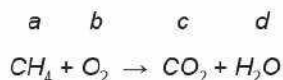
El método algebraico, como su nombre lo indica, consiste en utilizar conocimientos de álgebra para balancear una ecuación química. En este método, cada una de las sustancias (reactivos y productos) se considera como una variable o incógnita de una ecuación algebraica. Este enfoque se basa en el principio fundamental de la conservación de los átomos.

Para balancear una ecuación química utilizando el método algebraico, siga estos pasos:

- 1 Escriba correctamente la ecuación química sin balancear.



- 2 Asigne a cada sustancia una literal o variable ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , . etc.)



- 3 Para cada elemento, establezca una ecuación algebraica, en función del número de átomos presentes en reactivos y productos.

Para el C es  $a = c$

Para el H es  $4a = 2d$

Para el O es  $2b = 2c + d$

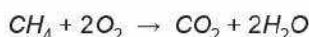


- Asigne un valor arbitrario a la literal que más se repita en las ecuaciones algebraicas. Este valor debe ser siempre un número entero pequeño. En nuestro caso, asignaremos el valor de 1 a la literal (a), aunque también podríamos haber asignado un valor a la literal (b), ya que ambas se encuentran en el mayor número de ecuaciones.
- Resuelva las ecuaciones algebraicas utilizando cualquier método: igualación, eliminación o sustitución.

$a = 1 \therefore c = 1$	$2b = 2c + d$	
$4a = 2d$	$2b = 2(1) + 2$	
$4(1) = 2d$	$2b = 4$	
$\frac{4}{2} = d$	$b = \frac{4}{2} = 2$	
$2 = d$		

- Los valores obtenidos para cada literal serán los coeficientes que se coloquen en cada fórmula de la ecuación química  $a = 1$ ,  $b = 2$ ,  $c = 1$ ,  $d = 2$ .

La ecuación química está balanceada



*Nota.* Los valores obtenidos para cada literal deben ser siempre números enteros, ya que estos serán los coeficientes que se colocarán en cada fórmula de la ecuación química. Si los valores obtenidos son fraccionarios, se deben multiplicar por su mínimo común múltiplo para convertirlos en enteros. Además, si los coeficientes obtenidos tienen un divisor común, se deben simplificar.

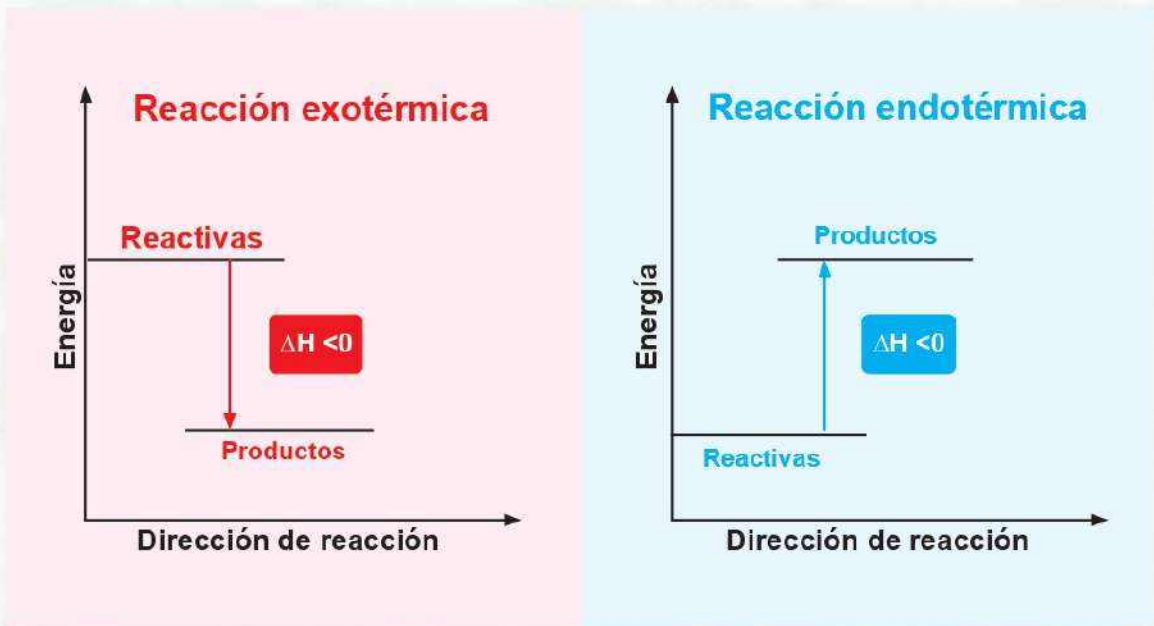
### Actividad 1.5

De manera individual o en colaboración, balancee las siguientes ecuaciones químicas y escriba el nombre de cada una de las sustancias participantes.

- $HNO_3 + I_2 \rightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$
- $CuO + NH_3 \rightarrow N_2 + H_2O + Cu$
- $FeI_2 + HIO_3 + HCl \rightarrow FeCl_3 + ICl + H_2O$
- $KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + H_2O + Cl_2 + O_2$
- $Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O + H_2 + NH_3NO_3 + Zn(NH_2)_2 + NO + NO_2$
- $[Cr(N_2H_4CO)_6]_4 [Cr(CN)_6]_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + MnSO_4 + CO_2 + KNO_3 + K_2SO_4 + H_2O$

*Nota:* Las reacciones 5 y 6 son retos para abordar en clase.

Algunas reacciones químicas liberan energía, otras absorben energía.



## Progresión de aprendizaje 2

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
Conceptos transversales

[Lectura]

### ► Algunas reacciones químicas liberan energía, otras absorben energía

Dos estudiantes de química de la preparatoria El Rosario, estaban muy emocionados por su clase en el laboratorio, ya que su profesor les explicó como las reacciones químicas suceden en la naturaleza.

Mientras conversaban en clases, el profesor les decía que la naturaleza está llena de ejemplos de reacciones químicas y que algunas de las más importantes para la vida son las reacciones endotérmicas y exotérmicas.

El primer ejemplo que comentó el profesor fue sobre la combustión e hizo la pregunta, ¿si alguna vez habían iniciado una fogata? En la plática les decía que se necesitaba madera (combustible) y el oxígeno (comburente) para iniciar la reacción de combustión, se requiere un catalizador (fuego) al iniciar la reacción, el calor de las llamas empezará a calentar el ambiente de forma autónoma, siempre y cuando tenga suficiente oxígeno y combustible para seguir alimentando el fuego.

—¿Sabes qué está pasando? —preguntó el profesor.

—¡Sí!, —respondió un alumno.

—Esto es una reacción exotérmica. Las ramas se están quemando, y eso libera energía en forma de calor.

—Exacto, —dijo el profesor.

Durante la combustión de la madera, las moléculas de celulosa se rompen y reaccionan con el oxígeno del aire, liberando energía en forma de calor y luz. Es por eso por lo que podemos sentir el calor de la fogata. Las *reacciones exotérmicas* como esta son fundamentales en nuestra vida diaria, desde cocinar hasta calentar nuestros hogares.

En la siguiente clase llevó a los alumnos al patio de la escuela, que estaba lleno de plantas verdes.

—Ahora, miren a su alrededor, ¿Qué creen que está ocurriendo en estas plantas? —Les preguntó.

Una alumna observó los rayos de sol que caían sobre las hojas.

—¿Será que las plantas están absorbiendo la luz solar para crecer?, observó.

—¡Correcto! exclamó el profesor.

Este es un ejemplo de una *reacción endotérmica*. Las plantas realizan la fotosíntesis, un proceso en el que absorben energía del sol para convertir dióxido de carbono y agua en glucosa y oxígeno. Sin la energía solar, esta reacción no podría ocurrir. Es una reacción endotérmica porque la energía es absorbida del entorno, las reacciones endotérmicas son esenciales para la vida en la Tierra. Sin ellas, no tendríamos el alimento ni el oxígeno que necesitamos para sobrevivir, explicó emocionado.

Al final de la clase, los alumnos comprendieron que las reacciones *endotérmicas* y *exotérmicas* están por todas partes, no solo en el laboratorio, sino también en la naturaleza. Se dieron cuenta de que la energía se mueve constantemente entre los seres vivos y su entorno, a través de estas reacciones químicas.



Figura 2.1 Jóvenes en el laboratorio.



Figura 2.2 Jóvenes en el patio de la escuela.

## Actividad diagnóstica

Lea cada pregunta con atención y responda lo mejor que pueda. Esta actividad le ayudará a identificar qué tanto comprende sobre los temas de energía, reacciones endotérmicas y exotérmicas.

1. **Energía.**
  - a) Con sus palabras defina energía.
  - b) Enliste cinco tipos de energías que conozca.
2. **Reacciones endotérmicas y exotérmicas.**
  - a) Defina brevemente, ¿qué es una **reacción exotérmica**? Proporcione un ejemplo de la vida cotidiana.
  - b) Defina brevemente, ¿qué es una **reacción endotérmica**? Proporcione un ejemplo de la vida cotidiana.
3. **Entalpía.**
  - a) ¿Qué es la entalpía?
  - b) ¿Qué relación existe entre la entalpía y una reacción química?

## 2.1 Energía en las reacciones químicas

Todas las reacciones químicas obedecen a varias leyes fundamentales como son: la ley de la conservación de la masa, explicada en la progresión 1; ley de las proporciones definidas; ley de las proporciones múltiples; ley de las proporciones recíprocas; ley de volúmenes de combinación; hipótesis de Avogadro y la ley de las presiones parciales. Pero en esta ocasión estudiaremos la ley de la conservación de la energía, que será desarrollada en esta progresión 2.

Cuando escuchamos el concepto de «energía», a menudo lo asociamos directamente con energía eléctrica, pero en la naturaleza existen diversas formas de energía. Clasificamos estas formas según su fuente de origen. Por ejemplo, si utilizamos el aire para generar electricidad mediante turbinas, la llamamos «energía eólica». Si empleamos la fuerza del agua al caer desde una presa para generar electricidad, se denomina «energía hidroeléctrica». Si aprovechamos el calor proveniente de los magmas de la Tierra, la llamamos «energía geotérmica».

En términos generales, la energía se define como «la capacidad para realizar un trabajo» (Chang, 2007). Matemáticamente hablando, el trabajo se expresa como la fuerza multiplicada por la distancia  $W = Fd$ . Pero, ¿cuál es la relación entre la química y el trabajo? Los químicos asocian el trabajo con el cambio directo de energía que ocurre en una reacción química. Estas transformaciones de energía pueden manifestarse de diferentes maneras, como: **Energía cinética**, que es la energía de un cuerpo en movimiento; **Energía radiante**, asociada con la luz y otras formas de radiación electromagnética; **Energía térmica**, relacionada con la temperatura de un sistema; **Energía química**, almacenada en los enlaces de las moléculas; **Energía potencial**, que es la energía almacenada debido a la posición o estado de un objeto o sistema.

Todos estos tipos de energía están interrelacionados y pueden transformarse de una forma a otra mediante distintos procesos. Esta conversión de energía se puede lograr utilizando dispositivos como generadores eléctricos, ya sean alternadores o dinamos. Además, los cambios energéticos también pueden producirse a través de reacciones químicas, que liberan o absorben energía del entorno, dependiendo de la naturaleza de la reacción.

La ley de la conservación de la energía establece que «la energía total del universo permanece constante» (Chang, 2007). Aunque la energía no se crea ni se destruye, puede transferirse de un sistema a otro o transformarse de diferentes formas.

Un sistema puede clasificarse de las siguientes maneras: dependiendo de cómo interactúa con su entorno.

1. **Sistema abierto.** Puede intercambiar, tanto masa como energía (generalmente en forma de calor) con su entorno. Un ejemplo de esto es una olla de agua hirviendo sin tapa.
2. **Sistema cerrado.** Es un intercambio de energía con el entorno (no hay intercambio de masa). Un ejemplo clásico es una olla con tapa hermética. Este tipo de sistema es común en muchas aplicaciones industriales, donde se controla cuidadosamente el intercambio de energía sin permitir la pérdida de material.



Figura 2.3 Tres tipos de sistemas

3. **Sistema aislado.** En él no existe el intercambio de masa ni de energía. Un ejemplo típico es un termo bien sellado. Aunque en la práctica es difícil lograr un aislamiento perfecto, los termos son una aproximación práctica de un sistema.

## 2.2. Reacciones exotérmicas y endotérmicas

Para comprender las diferencias entre las reacciones **endotérmicas** y **exotérmicas**, necesitamos estudiar a la **termoquímica**, ya que su objetivo principal es analizar las variaciones de calor en las reacciones químicas.

Las **reacciones exotérmicas** son aquellas que **liberan energía** al entorno, ya sea en forma de calor o luz. En estas reacciones, la energía fluye desde los reactivos hacia el exterior. Como resultado, la **energía total de los productos** es **menor** que la de los reactivos, ya que parte de la energía se libera al ambiente.

Un ejemplo típico de una reacción exotérmica es la **combustión del metano**, donde se obtiene dióxido de carbono y agua, junto con la liberación de calor y luz.  $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + \Delta H$

Por el contrario, las **reacciones endotérmicas** requieren la **absorción de energía** del entorno, generalmente en forma de calor. En este tipo de reacciones, la energía se transfiere desde los alrededores hacia los reactivos.

Como resultado, la **energía total de los reactivos** es **mayor** que la de los productos, ya que los reactivos deben adquirir energía para que la reacción ocurra. Un ejemplo de una reacción endotérmica es la **formación de óxido de nitrógeno (I)**, donde se requiere calentar los reactivos para proporcionar la energía de activación necesaria que permita la formación de nuevos enlaces.

Como se puede observar en estos ejemplos, la **energía** involucrada en las reacciones químicas se representa mediante el símbolo  $\Delta H$ , que indica el **cambio de entalpía**.



Figura 2.4 Combustión de metano



Figura 2.5 Una reacción endotérmica entre nitrógeno y oxígeno

La entalpía es un concepto clave en química que se relaciona con los cambios de energía en las reacciones y los intercambios de energía con el entorno. Este concepto nos permite comprender mejor cómo se comportan las reacciones químicas y cuánta energía es absorbida o liberada durante el proceso

**QR 2.1** Reacciones endotérmicas y exotérmicas  
<https://vm.tiktok.com/ZMh6xHRJG/>

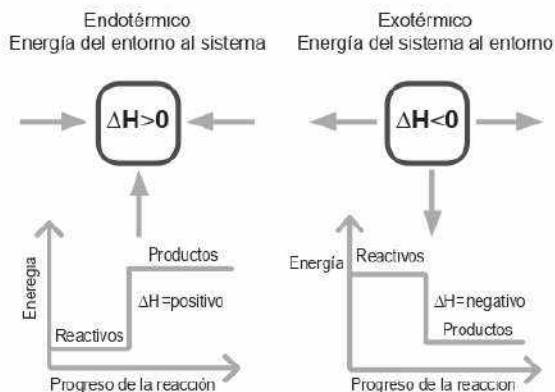


Figura 2.6 Representación de una reacción endotérmica y exotérmica.

### Actividad 2.1.

Conteste el siguiente cuestionario si es falso o verdadero.

	F o V
1. Las reacciones exotérmicas absorben energía en forma de calor.	( )
2. En una reacción endotérmica, los productos tienen más energía que los reactivos.	( )
3. La energía de activación es la cantidad mínima de energía que se necesita para que una reacción comience.	( )
4. Las reacciones químicas que requieren energía para proceder siempre son exotérmicas.	( )
5. La velocidad de una reacción química puede aumentarse elevando la temperatura	( )
6. El uso de un catalizador en una reacción química disminuye la energía de activación requerida.	( )
7. La combustión de un fósforo es un ejemplo de una reacción endotérmica	( )
8. Un aumento en la concentración de los reactivos puede acelerar una reacción química.	( )
9. En las reacciones endotérmicas, la energía absorbida proviene del entorno	( )
10. La energía de activación es igual para todas las reacciones químicas.	( )

### Actividad 2.2.

Con la información anterior llene la siguiente tabla para dejar más clara la diferencia entre reacciones endotérmicas y exotérmicas

Tipo de reacción	Reacciones exotérmicas	Reacciones endotérmicas
Definición		

Características		
Ejemplos		
Aplicaciones		
Realice un dibujo que exprese una reacción	Exotérmica:	Endotérmica:

## 2.3 Leyes de la termodinámica

En termodinámica tenemos tres leyes que nos hablan sobre el comportamiento de la energía en los cuerpos, la ley cero establece que “dos cuerpos en equilibrio térmico con un tercer cuerpo están en equilibrio térmico entre sí” (Garritz, Gasque Silva, 2005).



Figura 2.7 Representación de la ley cero de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica, o ley de conservación de la energía, establece que “la energía del Universo se conserva y que el cambio en la energía de un sistema más, el cambio en la energía de los alrededores siempre es igual a cero” (Garritz y Gasque Silva, 2005)

Por otro lado, la segunda ley de la termodinámica nos dice que “en los procesos espontáneos, los sistemas pasan de estados de menor entropía a estados de mayor entropía” (Garritz y Gasque Silva, 2005). La entropía del universo aumenta durante todo el proceso natural, ya que los fenómenos espontáneos tienden a dispersar la energía. Esto significa que los sistemas tienden hacia el desorden y que la energía disponible para realizar el trabajo disminuye

La energía en las reacciones químicas es tan importante como la masa, ya que toda transformación química implica la liberación o absorción de energía. Durante una reacción, los átomos se reorganizan, formando nuevos enlaces que generan compuestos con una estructura y composición diferentes a los reactivos originales

Cuando ocurre una reacción química, los nuevos enlaces que se forman en los productos no contienen la misma cantidad de energía que los enlaces presentes en los reactivos. Por este motivo, casi todas las reacciones químicas van acompañadas de un desprendimiento o consumo de energía como luz o calor, estas reacciones se clasifican como endotérmicas o exotérmicas como lo mencionamos en el punto anterior

El **calor** "Es la transferencia de energía térmica entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas", en cambio, la **energía térmica** se define como: "la energía asociada con el movimiento aleatorio de los átomos y las moléculas" (Chang, 2007)

Por tal motivo, cuando se habla de calor, tenemos que utilizar el término **flujo de calor**, este flujo siempre se dará desde el objeto o sistema con más calor o energía (caliente) al de menor calor (frío), buscando entre los dos sistemas el equilibrio térmico, como lo menciona la ley cero de la termodinámica.

### Actividad 2.3.

Conteste las siguientes preguntas en su cuaderno apoyándose de la lectura anterior o utilizando fuentes con el uso del internet.

1. ¿Qué es la energía?
2. ¿Qué se puede hacer con ella?
3. ¿Define a la energía cinética, energía radiante, energía térmica, energía química y energía potencial?
4. ¿Qué dice la ley cero de la termodinámica?
5. ¿Qué dice la primera ley de la termodinámica?

## 2.4 Entalpía en las reacciones

Como se explicó en los temas anteriores, existen diferentes tipos de reacciones químicas según el comportamiento de la energía. Ahora, nos centraremos en el papel que juega esta energía en las reacciones químicas.

Las reacciones se clasifican como **endotérmicas** si absorben energía del entorno hacia el sistema, y **exotérmicas** si liberan energía desde el sistema hacia el entorno

En este contexto, utilizamos el término **entalpía** para referirnos a la cantidad de calor o energía que un sistema libera o absorbe en condiciones de presión constante (1 bar). Es decir, la entalpía se refiere al intercambio de energía en reacciones químicas realizadas en condiciones normales.

La **entalpía** determina si un sistema ha ganado o perdido energía. Este cambio se representa como la diferencia entre un **estado inicial** y un **estado final**, lo que se conoce como  $\Delta H$  o "delta H". Como la entalpía es una **función de estado**, solo importa el valor en el punto inicial y el punto final del proceso, sin considerar cómo se llega de un estado al otro

Por lo tanto, la entalpía de una reacción química se expresa como la diferencia entre la entalpía de los productos y la entalpía de los reactivos. En palabras de Chang (2007), la **entalpía de reacción** es "la diferencia entre la entalpía de los productos y la entalpía de los reactivos"

Esto equivale al **cambio de calor** que ocurre cuando se forma un mol de un compuesto, a partir de sus elementos bajo condiciones de presión constante



Entonces la entalpía de una reacción química se expresa de la siguiente manera, donde

$$\begin{aligned} H_i &\rightarrow \text{reactivos} \\ H_f &\rightarrow \text{productos} \end{aligned} \quad \Delta H^0 = H_f - H_i$$

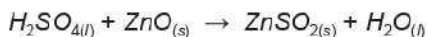
Si en una reacción química intervienen elementos en su estado elemental, como  $O_2$ , o  $Cu$ , su  $\Delta H$  será igual a **cero**. Esto se debe a que los elementos en su forma más pura no tienen entalpía de formación, ya que esta solo se aplica a compuestos.

Los valores de entalpía de formación de los compuestos pueden encontrarse en libros especializados en química, ya que estas han sido calculadas previamente, estos valores son esenciales para calcular la entalpía de reacción.

Para determinar la **entalpía de reacción ( $\Delta H^0$ )**, se suman las entalpías de formación de los productos y se restan las entalpías de formación de los reactivos, multiplicados por el número de moles correspondientes. Si el resultado es negativo, la reacción es **exotérmica**; si es positivo, es **endotérmica**. Matemáticamente, esto se expresa de la siguiente manera.

$$\Delta H_r^0 = \sum n^* \Delta H_{f(\text{productos})}^0 - \sum n^* \Delta H_{f(\text{reactivos})}^0$$

Un ejemplo de estos ejercicios sería la reacción de ácido sulfúrico con óxido de zinc.



$$H_2SO_4 = -811.3 \text{ kJ/mol}$$

$$ZnO = -348 \text{ kJ/mol}$$

$$ZnSO_2 = -978.6 \text{ kJ/mol}$$

$$H_2O = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{reactivos})}^0 = -811.3 \text{ kJ/mol} + (-348 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{f(\text{productos})}^0 = -978.6 \text{ kJ/mol} + (-285.8 \text{ kJ/mol})$$

Cada reactivo y cada producto tienen un mol, ya que sus coeficientes en cada reactivo y producto es uno, por lo tanto, la fórmula de la entalpía de reacción sería la siguiente.

$$\Delta H_r^0 = (1\text{mol} \cdot -978.6 \text{ kJ/mol}) + (1\text{mol} \cdot -285.8 \text{ kJ/mol}) - ((1\text{mol} \cdot -811.3 \text{ kJ/mol}) + (1\text{mol} \cdot -348 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_r^0 = -105.1 \text{ kJ}$$

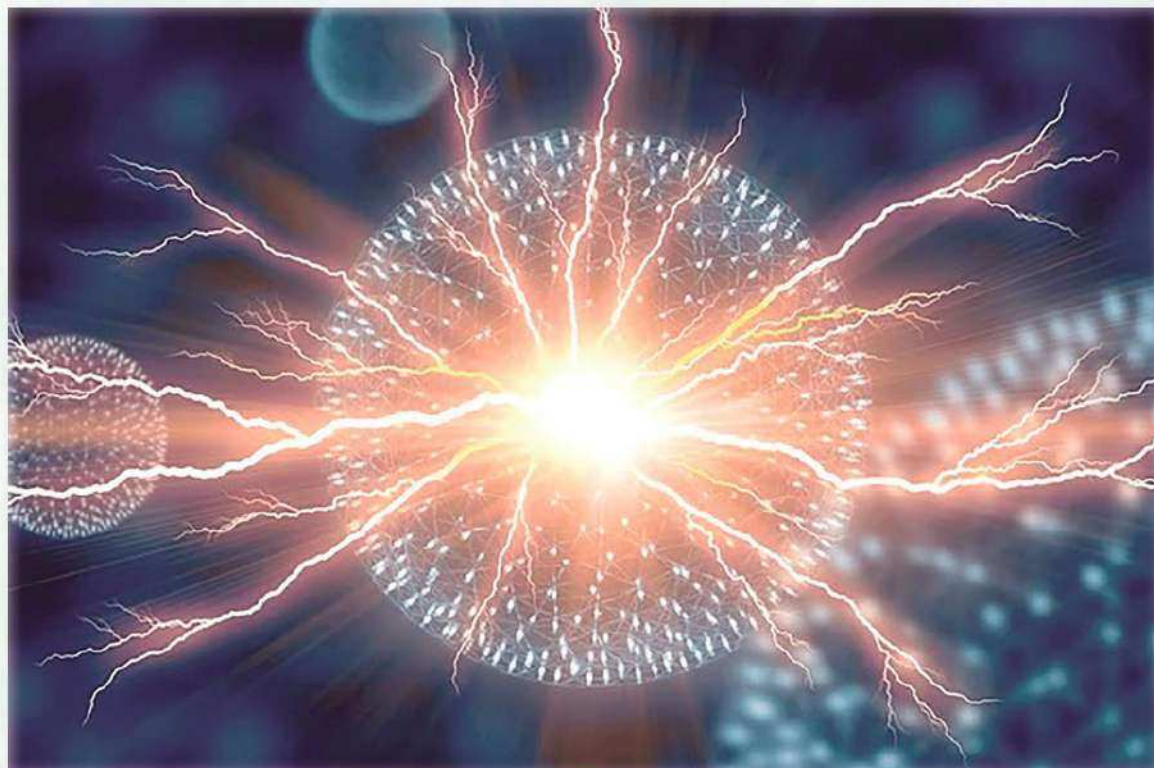
Por lo que la reacción debe ser exotérmica debido al signo negativo del resultado.

### Actividad 2.4

Demuestra si las siguientes reacciones son endotérmicas o exotérmicas a condiciones estándar, utilizando la ecuación de entalpía de reacción, balancea si es necesario y las entalpías de formación de cada reactivo y producto las debes de consultar de diferentes fuentes.

- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$
- $Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + Fe_{(l)}$
- $N_2 + O_2 \rightarrow N_2O$
- $CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

Cada átomo tiene una subestructura con cargas eléctricas, que consiste en un núcleo con protones y neutrones, rodeado de electrones.



### Progresión de aprendizaje 3

Meta de aprendizaje
CC. Comprender que el número total de neutrones más protones no cambia [...]
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.

### Actividad 3.1

Lee el siguiente texto y responde las preguntas al final de la lectura:

[Lectura]

#### ► *Un mundo microscópico e indestructible*

En la celebración del cumpleaños de Luis, su tía Ana le obsequió un juguete que incluía un kit con instrumentos y materiales comúnmente utilizados en los laboratorios de Química. Luis tomó uno de los tubos de ensayo y notó que contenía arena. Al jugar con ella, formó pequeños montones y observó que los granos tenían diferentes tonalidades. Intrigado, comenzó a separarlos en grupos según su color y tamaño. Esto lo llevó a preguntarse: ¿Sería posible dividir cada grano de arena en fragmentos aún más pequeños? ¿Existe un límite para este proceso de reducción?

Luego, abrió otro tubo de ensayo que contenía alambre de cobre y decidió repetir el proceso. Comenzó a cortar el alambre en trozos cada vez más pequeños, notando que cada fragmento conservaba las mismas propiedades que el alambre de cobre original.

1. Si pudiéramos seguir con las particiones, ¿llegará un momento en que encontremos una partícula que, al dividirla, no conserve las propiedades del alambre original?
2. ¿Siempre será posible continuar con las divisiones de un material?
3. Explica brevemente, ¿cómo es posible que los átomos sean considerados eternos y su incorporación al medio ambiente?

## 3.1 El átomo y sus partículas fundamentales

Con la ayuda de la ciencia y la tecnología, se ha logrado prolongar el alcance de nuestros sentidos con microscopios, sensores, detectores. En la actualidad, con los avances y el desarrollo humano, no queda duda de que llega un momento en que la continuidad de la materia termina hasta cierto punto; y que, en efecto se alcanza una muestra minúscula de materia que ya no podemos fragmentar sin que pierda las características químicas de la sustancia en estudio.

En el curso anterior de *La materia y sus interacciones*, viste que el *átomo* es esa partícula más pequeña que conserva la identidad y propiedades químicas de los elementos. Todos los materiales y sustancias que conocemos, están formados por unidades diminutas llamadas átomos.

Con base en la teoría atómica de Dalton, un átomo se define como la unidad básica de un elemento que puede intervenir en una combinación química. Pero fue hasta el siglo XX, que se demostró, a partir de diversas investigaciones, que los átomos tienen una estructura interna, es decir, que están formados por partículas aún más pequeñas, llamadas partículas subatómicas. Estos estudios condujeron al descubrimiento de tres partículas: electrones, protones y neutrones. Existen otras partículas subatómicas, pero el electrón ( $e^-$ ), el protón ( $p^+$ ) y el neutrón ( $n^0$ ) son los tres componentes fundamentales del átomo.

El trabajo de Dalton marcó el principio de la era de la química moderna. Las hipótesis sobre la naturaleza de la materia, en las que se basa la teoría atómica de Dalton, pueden resumirse como sigue.

1. Los elementos están formados por partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos
2. Todos los átomos de un mismo elemento son idénticos, tienen igual tamaño, masa y propiedades químicas

- 3 Los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de los demás elementos
- 4 Los átomos son esféricos, compactos, indivisibles e indestructibles.
- 5 Una reacción química implica que los átomos se separan, se combinan o se reordenan; nunca supone la creación o destrucción de los mismos
- 6 Los compuestos están formados por átomos de más de un elemento. La unión de diferentes elementos se presenta en relaciones numéricas simples para formar compuestos.

En la figura 3.1 se muestra una representación esquemática de las cinco últimas hipótesis.

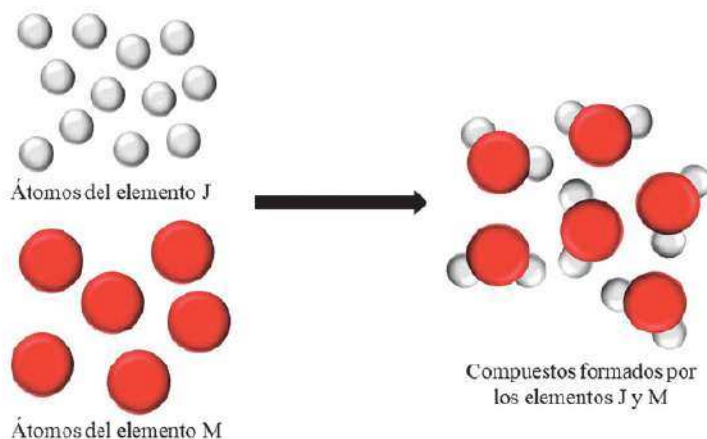


Figura 3.1 Según la teoría atómica de Dalton, los átomos del mismo elemento son idénticos (hipótesis 2), pero los átomos de un elemento son distintos de los átomos de otros (hipótesis 3). El compuesto formado por átomos de los elementos J y M. En este caso, la proporción de los átomos del elemento J respecto a la del elemento M es de 2:1 (hipótesis 6). Observe que la reacción química produce solo un reordenamiento de átomos, no su destrucción o creación (hipótesis 5).

### Actividad 3.2

En equipo investiguen las siguientes preguntas y respondan lo solicitado.

1. ¿Con cuál postulado o ley puedes relacionar la hipótesis 5 de la teoría atómica de Dalton?
2. Además del electrón, protón y neutrón, menciona otras partículas subatómicas.
3. Dibuja la estructura que comúnmente representa al átomo y sitúa dónde se ubican los electrones, protones y neutrones.

## 3.2 Relación de las partículas subatómicas en la formación de nuevas sustancias o compuestos

Como observaste en la figura 3.1, los átomos de un determinado elemento no se crean ni se destruyen al reaccionar con un elemento diferente, solo se reordenan cada uno de sus átomos para dar lugar a la formación de un nuevo compuesto.

Durante el proceso de una reacción química el número de protones, cargados positivamente, del núcleo de un átomo permanece igual durante los cambios químicos, pero se pueden perder o ganar electrones, cargados negativamente. La pérdida de uno o más electrones a partir de un átomo neutro forma un *catión*, ion con carga neta positiva. Dos ejemplos de formación de cationes son el ion sodio y el ion calcio.

Un átomo de sodio (Na) puede perder un electrón para formar el catión sodio, que se representa con  $\text{Na}^+$  (figura 3.2); y el átomo de calcio pierde dos electrones para formar el catión calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )

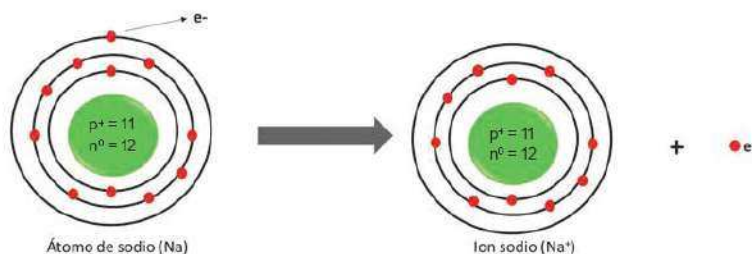
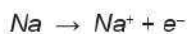


Figura 3.2 Representación del modelo atómico del sodio e ion sodio

Por otra parte, un anión es un ion cuya carga neta es negativa debido a un incremento en el número de electrones. Por ejemplo, un átomo de cloro (Cl) puede ganar un electrón para formar el ion cloruro  $\text{Cl}^-$  (figura 3.3)

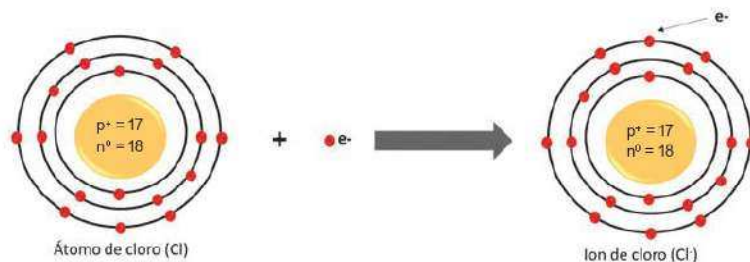
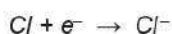
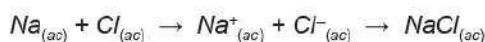


Figura 3.3 Representación del modelo atómico del cloro e ion cloro

La forma más simple de que ocurra una reacción entre un catión y un anión, es hacer reaccionar un metal con un no metal, como lo son el sodio y el cloro. El electrón que sale del sodio es tomado por el cloro, por lo que no aparecen electrones en la reacción neta total, obteniéndose finalmente el cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ):



### 3.2.1 Reacciones ácido-base

En la actualidad, la definición más utilizada de ácidos y bases es la que propuso Johannes Brønsted en 1923, que se aplica principalmente a las disoluciones acuosas, y que dice que un ácido es "un donador de iones hidrógeno o protones, mientras que una base es un aceptor de protones".

Por ejemplo, si una molécula de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) se hace reaccionar con el agua, cede a esta un protón, dando lugar a la formación de un ion hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ):



Donde (ac) indica que la especie se encuentra disuelta en agua. En este caso el agua está aceptando un protón, por lo que según la definición de Brønsted, la clasifica como una base.

En cambio, si ahora el agua reacciona con el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el agua en esta ocasión va actuar como un ácido, ya que aquí cede un protón y el  $\text{NH}_3$  recibe el protón, actuando por lo tanto como una base.



En ambos casos, podemos decir que se trata de una reacción de transferencia de protones

### Actividad 3.3

Con ayuda de su profesor, trabajé en equipo y realice lo siguiente

1. Escriba tres reacciones ácido-base y explique la transferencia de protones:

- 
- 
- 

## 3.2.2 Reacciones óxido-reducción

Como puedes apreciar en la sección anterior, al hablar de reacciones ácido-base existe principalmente una transferencia de protones. Pero en las reacciones óxido-reducción, también llamadas redox, observarás que ahora la partícula subatómica que se va a transferir de una sustancia a otra son los electrones.

Se dice que un elemento se **oxida** cuando aumenta su número de oxidación y que un elemento se **reduce** cuando su número de oxidación disminuye. El *número de oxidación* de un átomo, en ocasiones también es llamado estado de oxidación, es el número de cargas que tendría un átomo en una molécula (o en un compuesto iónico) si los electrones fueran transferidos completamente.

Suponiendo que en una reacción se ha dado una transferencia de electrones, se dice que los átomos ganaron o perdieron electrones, y los números de oxidación reflejan el número de electrones "transferidos" (figura 3.4)

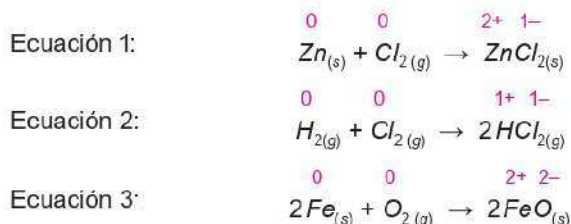


Figura 3.4 Ejemplos de reacciones óxido-reducción. Los números de color rojo colocados encima de los símbolos de los elementos son los números de oxidación.

Como puedes observar, en las reacciones de la figura 3.4 no hay cargas en los átomos de las moléculas de reactivos, por lo tanto, su número de oxidación es cero. Sin embargo, para las moléculas de los productos se supone ocurrió una transferencia completa de electrones y los átomos ganaron o perdieron electrones. Los números de oxidación permiten identificar rápidamente, los elementos que se han oxidado y reducido. Los elementos que muestran un aumento en el número de oxidación son el zinc, el hidrógeno y el hierro en las ecuaciones 1, 2 y 3 respectivamente, es decir, se han oxidado. El cloro y el oxígeno se han reducido, por lo que sus números de oxidación son menores que al iniciar la reacción.

Cuando un elemento se oxida, el número de oxidación aumenta, además pierde electrones. Y cuando se reduce, el número de oxidación disminuye, gana electrones (figura 3.5).

Disminuye el número de la oxidación

Aumenta el número de la oxidación

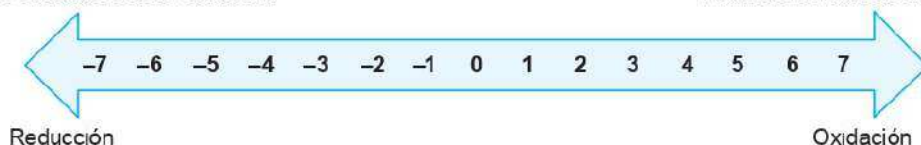
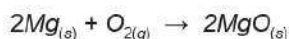


Figura 3.5 Cuando el número de oxidación aumenta el elemento se oxida. Y cuando disminuye el elemento se reduce.

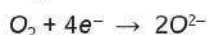
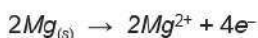
Las reacciones redox forman parte importante de todo aquello que nos rodea. Comprenden desde la combustión de combustibles fósiles hasta la acción de los blanqueadores domésticos. Gran parte de los elementos metálicos y no metálicos se obtienen a partir de sus minerales por procesos de oxidación o

de reducción. Muchas reacciones redox importantes se llevan a cabo en agua, pero esto no implica que todas las reacciones redox sucedan en medio acuoso. Puede presentarse una reacción en la cual dos elementos se combinan para formar un compuesto, por ejemplo, la formación del óxido de magnesio (MgO) a partir del magnesio y el oxígeno

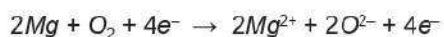


La palabra oxidación originalmente se refería únicamente para la reacción del oxígeno con cualquier sustancia. Por ejemplo, los metales reaccionan con el oxígeno para dar óxidos, como lo es el ejemplo anterior del óxido de magnesio. En esta reacción, el metal (magnesio) perdió electrones y el oxígeno ganó electrones. Actualmente el término oxidación, tiene un uso más amplio, ya que también incluye reacciones en las que no participa el oxígeno

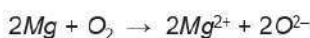
El óxido de magnesio (MgO) es un compuesto iónico formado por iones  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{O}^{2-}$ . En esta reacción, dos átomos de Mg ceden o transfieren cuatro electrones a dos átomos de O (en el  $\text{O}_2$ ). Este proceso se puede apreciar en dos etapas: una implica la pérdida de cuatro electrones de parte de los dos átomos de Mg, y la otra, la ganancia de los cuatro electrones por una molécula de  $\text{O}_2$ :



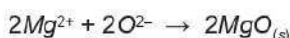
A estas etapas se les conoce como semirreacción, y muestra cómo son transferidos los electrones en una reacción óxido-reducción. Observa que, en una semirreacción de oxidación, los electrones forman parte del producto y en una semirreacción de reducción, los electrones son parte del reactivo. Si se combina el proceso de las semirreacciones, se obtiene la siguiente reacción:



Se cancelan los electrones que aparecen tanto en los reactivos como en los productos:



Finalmente, los iones  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{O}^{2-}$  se combinan para formar MgO



### Actividad 3.4

Responde lo que a continuación se te indica:

1. Anota tres reacciones de tipo óxido-reducción donde se aprecie la transferencia de electrones:
  - 
  - 
  -
2. ¿Qué ocurre con los electrones de un elemento cuando se oxida?
3. ¿Qué ocurre con los electrones de un elemento cuando se reduce?

La tabla periódica ordena los elementos químicos horizontalmente por el número de protones en el núcleo del átomo y coloca aquellos con propiedades químicas similares en columnas. Los patrones repetitivos de esta tabla se asocian a los patrones de la configuración de electrones externos.

The image shows a standard periodic table of elements, color-coded by groups. It includes elements from Scandium (Sc) to Oganesson (Og), with atomic numbers, symbols, and names provided for each element.

## Progresión de aprendizaje 4

### Meta de aprendizaje

- CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total.
- CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
- CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
- CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
- CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
- CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.



## Actividad 4.1

Lea el siguiente relato y conteste las preguntas que se le solicitan

[Lectura]

### ► La tabla periódica y su organización

En la escuela preparatoria de nuestra comunidad, la maestra Conchita les pidió a sus alumnos que se aprendieran la ubicación de los elementos en la tabla periódica. Les explicó que debían ubicarlos considerando los periodos y grupos, otorgándoles un tiempo razonable para ello, y mencionándoles que les haría preguntas sobre esto en el examen.

Florencio, un alumno que no estaba acostumbrado a memorizar datos, se dedicó a buscar información sobre el tema que le permitiera identificar la ubicación de los elementos en la tabla periódica, sin necesidad de memorizarlos. Investigando, descubrió que, si él podía realizar la configuración electrónica de los elementos, podría ubicarlos en la tabla periódica.

La búsqueda de la información lo llevó a comprender la forma en que estaba organizada la tabla periódica, dedujo por qué la tabla periódica se llama así, y la razón de la división en periodos y grupos. Entendió que, al realizar la configuración electrónica de los elementos, podría ubicar cada electrón del átomo en niveles y subniveles de energía y lo que le permitiría, sin necesidad de memorizar, ubicar a los elementos en la tabla periódica.

Al realizar la distribución de los electrones de un átomo mediante la configuración electrónica, la información del último nivel de energía le permitiría ubicar al elemento en su grupo y periodo. Utilizó el último nivel de energía para determinar el periodo al que pertenece y los electrones totales de este nivel, para determinar el grupo al que pertenece. Le explicó a su maestra Conchita, que con esto podría ubicar también a los elementos en el subgrupo y el bloque que le corresponde en la tabla periódica. De esta manera, Florencio, sin necesidad de memorizar, pudo cumplir con lo solicitado por la maestra, ubicando de manera acertada los elementos en la tabla periódica que se le solicitaban.

*Autor: Celso Olais Leal.*

1. ¿Por qué se llama así a la tabla periódica?
2. ¿Qué características comparten los elementos de un mismo grupo?
3. ¿Qué características comparten los elementos de un mismo periodo?

## 4.1 Breve historia de la tabla periódica

El 20 de diciembre de 2017, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el año 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos. La tabla periódica es uno de los pilares esenciales en los que se apoyan la química y la ingeniería química, pero también lo hacen la arqueología, astronomía, biología, bioquímica, ciencia de los materiales, ciencia medioambiental, física, geología, paleontología y las ingenierías. Sin embargo, la organización y clasificación de los elementos químicos no fue una tarea fácil, las tablas periódicas que conocemos hoy son el resultado del trabajo de muchos investigadores como Lavoisier, Dobereiner, Chancourtois, Newlands, Meyer, Mendeleiev, Moseley, entre otros.

La tabla periódica es uno de los íconos de la ciencia y la tecnología, y una de las imágenes más fácilmente reconocibles de nuestra civilización. Si se continúa con la participación en el proceso de descubrir nuevos elementos químicos y con la tecnología necesaria nos lleva a suponer, por qué no, el uso de un octavo periodo, recordándonos así que la ciencia está en constante evolución.

### 4.1.1 Estructura de la tabla periódica

Para conocer más a fondo y poder interpretar la estructura de la tabla periódica es importante saber que la tabla periódica es una organización tabular de los elementos químicos en orden creciente de su número atómico ( $Z$ ) y sus configuraciones electrónicas, en ella se observan una serie de cuadros o casilleros ordenados en filas (periodos) y columnas (grupos) para enfatizar sus propiedades físicas y químicas recurrentes. Este ordenamiento muestra las relaciones periódicas que los elementos presentan, destacando un comportamiento similar en el mismo grupo. La tabla periódica más conocida es la de 18 columnas con 7 filas y cuatro bloques.

A cada elemento químico le corresponde un casillero, tras la aprobación y aceptación de la IUPAC (Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada, por sus siglas en inglés), tendiendo un total de 118 elementos en la tabla periódica, en el orden creciente del número atómico. Es preciso recordar que los símbolos se escriben en mayúscula y si son dos letras, la primera va en mayúscula y la segunda en minúscula, por ejemplo. H, O, F, Co, Al, Mg.

Así mismo, la tabla periódica ordena a los elementos en columnas (grupos), filas (periodos), subgrupos (familias) y bloques ( $s$ ,  $p$ ,  $d$  y  $f$ ). Además, clasifica los elementos en metales, no metales y metaloides. Haciendo referencia a lo anterior, se describe cada una de las partes mencionadas de la tabla periódica

#### • Periodo

Un periodo es un conjunto de elementos con propiedades diferentes, cuyos electrones externos se encuentran en un mismo nivel de energía. El nivel de energía más externo que contiene electrones, indica el número del periodo. Los periodos se indican con números arábigos del 1 al 7 en filas (figura 4.1)

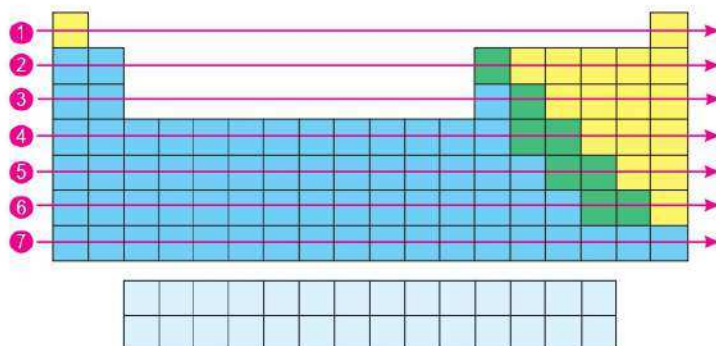


Figura 4.1 Muestra la forma como se distribuyen los periodos en la tabla periódica.

## • Grupos

Un grupo o familia se define como un *conjunto de elementos con las mismas propiedades químicas*. Los grupos se indican con números romanos del I al VIII; la IUPAC recomienda utilizar la numeración arábica del 1 al 18, en vez de las letras A y B. La tabla periódica consta de 18 columnas denominadas grupos o familias. A diferencia de los periodos, los grupos se acomodan en columnas verticales (figura 4.2)

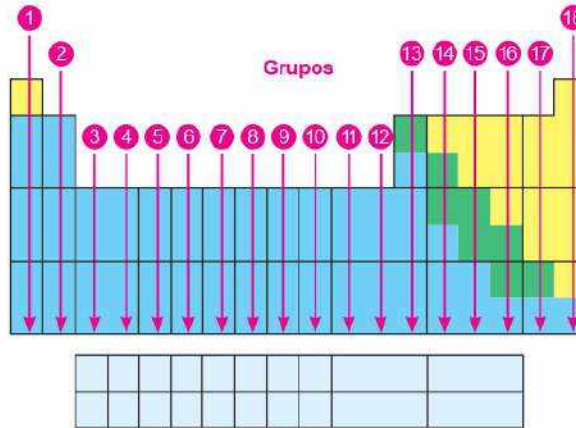


Figura 4.2 Muestra la forma como se distribuyen los grupos en la tabla periódica

## • Subgrupos

Existen dos tipos de subgrupos: A y B. Los *elementos representativos* son los elementos de los subgrupos del IA (1) al VIIIA (8), distribuidos en ocho columnas (figura 4.3)

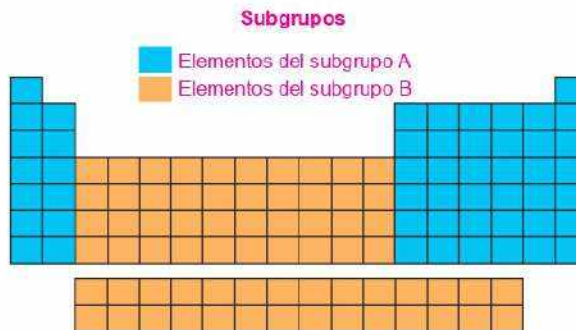


Figura 4.3 Muestra la forma en cómo se distribuyen los subgrupos en la tabla periódica.

A los elementos del subgrupo B se les denomina elementos de transición y de transición interna. Los elementos de transición forman ocho grupos distribuidos en 10 columnas: desde el IIIB (3) hasta el IIB (12). Los elementos de transición interna se dividen en la serie de los lantánidos y serie de los actínidos. En la serie de los actínidos se encuentran los elementos transuránicos (elementos que están después del uranio), y que son altamente radiactivos.

## • Bloques

La tabla periódica se divide en cuatro bloques *s*, *p*, *d* y *f*

El bloque *s* está constituido por dos grupos representativos: IA (1) y IIA (2). Estos elementos se encuentran llenando su configuración electrónica externa, en un subnivel *s*. El bloque *p* está formado por seis grupos de elementos representativos del IIIA (13) al VIIIA (18). Estos elementos se encuentran

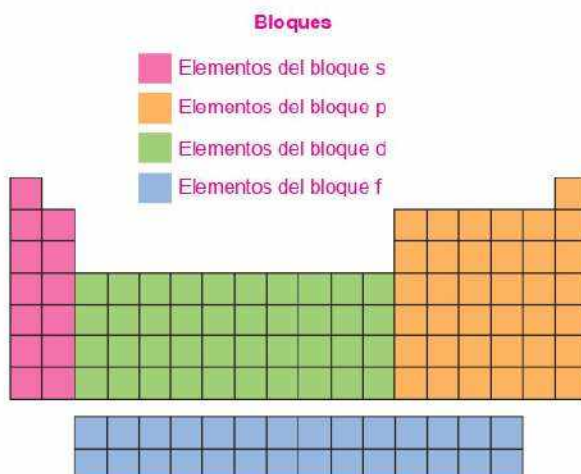


Figura 4.4 Muestra la distribución de los bloques en la tabla periódica

llenando su configuración electrónica externa, en un subnivel *p*. El bloque *d* incluye los elementos de transición desde el IIIB (3) hasta el IIB (12). Estos elementos se encuentran llenando su configuración electrónica interna, en el subnivel *d*. El bloque *f* está compuesto por los elementos de transición interna, se encuentran llenando su configuración electrónica interna, en el subnivel *f* (figura 4.4).

La tabla periódica moderna contiene 7 periodos, 18 grupos, 4 bloques y los 118 elementos químicos descubiertos hasta el año 2019 (figura 4.5), generalmente muestra el número atómico (*Z*) junto al símbolo del elemento químico, el número de masa y también nos indica el número de electrones en los átomos de un elemento. Cuando conocemos y comprendemos la configuración electrónica de los elementos nos ayuda a explicar la repetición de la propiedades físicas y químicas y las tendencias periódicas de los elementos dentro de un grupo o periodo en la tabla periódica.

**IUPAC Tabla Periódica de los Elementos**

Key																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
atomic number		Symbol		name		elemental mass (avg)		standard atomic weight																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1	H	Hydrogen	1.008	1.0082	1	He	Helium	4.0026	4.0026	2	3	Li	Lithium	6.94	6.941	3	Be	Beryllium	9.0122	9.0122	4	5	B	Boron	10.81	10.811	5	C	Carbon	12.011	12.011	6	7	N	Nitrogen	14.007	14.007	7	O	Oxygen	15.999	15.999	8	9	F	Fluorine	18.998	18.998	9	Ne	Neon	20.180	20.180	10	11	Na	Sodium	22.990	22.990	11	Mg	Magnesium	24.305	24.305	12	13	Al	Aluminum	26.982	26.982	13	Si	Silicon	28.086	28.086	14	15	P	Phosphorus	30.974	30.974	15	S	Sulfur	32.06	32.06	16	17	Cl	Chlorine	35.45	35.453	17	Ar	Argon	39.948	39.948	18	19	K	Potassium	39.098	39.098	19	Ca	Calcium	40.078	40.078	20	21	Sc	Scandium	44.956	44.956	21	Ti	Titanium	47.887	47.887	22	23	V	Vanadium	50.942	50.942	23	Cr	Chromium	51.996	51.996	24	25	Mn	Manganese	54.938	54.938	25	Fe	Iron	55.845	55.845	26	27	Co	Cobalt	58.933	58.933	27	Ni	Nickel	58.693	58.693	28	29	Cu	Copper	63.546	63.546	29	Zn	Zinc	65.38	65.38	30	31	Ga	Gallium	69.723	69.723	31	Ge	Germanium	72.630	72.630	32	33	As	Arsenic	74.922	74.922	33	Se	Selenium	78.9718	78.9718	34	35	Br	Bromine	79.904	79.904	35	Kr	Krypton	83.796	83.796	36	37	Rb	Rubidium	85.468	85.468	37	Sr	Strontium	87.62	87.62	38	39	Y	Yttrium	88.906	88.906	39	Zr	Zirconium	91.224	91.224	40	41	Nb	Niobium	92.906	92.906	41	Mo	Molybdenum	95.94	95.94	42	43	Tc	Technetium	98.906	98.906	43	Ru	Ruthenium	101.07	101.07	44	45	Rh	Rhodium	102.91	102.91	45	Pd	Palladium	106.42	106.42	46	47	Ag	Silver	107.87	107.87	47	Cd	Cadmium	112.41	112.41	48	49	In	Indium	114.82	114.82	49	Sn	Tin	118.71	118.71	50	51	Sb	Antimony	121.76	121.76	51	Te	Tellurium	127.60	127.60	52	53	I	Iodine	126.905	126.905	53	Xe	Xenon	131.29	131.29	54	55	Cs	Cesium	132.91	132.91	55	Ba	Barium	137.33	137.33	56	57-71	Lanthanoids					72	Hf	Hafnium	178.49	178.49	72	73	Ta	Tantalum	180.95	180.95	73	W	Tungsten	183.84	183.84	74	75	Re	Rhenium	186.21	186.21	75	Os	Osmium	190.23	190.23	76	77	Ir	Iridium	192.22	192.22	77	Pt	Platinum	195.08	195.08	78	79	Au	Gold	196.97	196.97	79	Hg	Mercury	200.59	200.59	80	81	Tl	Thallium	204.38	204.38	81	Pb	Lead	207.2	207.2	82	83	Bi	Bismuth	208.98	208.98	83	Po	Polonium			84	85	At	Astatine			85	Rn	Radon			86	87	Fr	Francium			87	Ra	Radium			88	89-103	Actinoids					104	Rf	Rutherfordium			104	105	Db	Dubnium			105	Sg	Seaborgium			106	107	Bh	Bohrium			107	Hs	Hassium			108	109	Mt	Moscovium			109	Ds	Darmstadtium			110	111	Rg	Roggenbium			111	Cn	Copernicium			112	113	Nh	Nihonium			113	Ce	Cerium			58	59	Pr	Praseodymium			59	Nd	Niodymium			60	61	Pm	Promethium			61	Sm	Samarium			62	63	Eu	Europium			63	Gd	Gadolinium			64	65	Tb	Terbium			65	Dy	Dysprosium			66	67	Ho	Holmium			67	Er	Erbium			68	69	Tm	Thulium			69	Yb	Ytterbium			70	71	Lu	Lutetium			71	Ac	Actinium			89	90	Th	Thorium			90	Pa	Protactinium			91	92	U	Uranium			92	Np	Neptunium			93	94	Pu	Plutonium			94	Am	Americium			95	96	Cm	Curium			96	Bk	Berkelium			97	98	Cf	Californium			98	Es	Einsteinium			99	100	Fm	Fermium			100	Md	Mendelevium			101	102	No	Nobelium			102	Lr	Lutetium			103

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 28 November 2016. Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

Figura 4.5 Tabla periódica de los elementos Fuente: Periodic Table of Elements - IUPAC | International Union of Pure and Applied Chemistry

Para abordar la comprensión de las configuraciones electrónicas en necesario el conocimiento de las reglas del llenado electrónico

## 4.2 Reglas del llenado electrónico

Los electrones como cualquier otro sistema en la naturaleza, tienden a alcanzar la máxima estabilidad, y esto se consigue cuando tienen la menor energía posible. El orden de llenado de los subniveles de energía, viene dado por algunas reglas y principios, que consideran esta condición, la distribución electrónica en su estado fundamental (basal). Un electrón en estado excitado, no cumplirá con estas condiciones. Para la escritura de las configuraciones electrónicas en los átomos polieletrónicos que se encuentran en estado basal. Es útil recordar las tres reglas del llenado electrónico para poder predecir este arreglo.

### 4.2.1 Principio de exclusión de Pauli

Este principio establece que *no es posible que dos electrones de un átomo tengan los cuatro números cuánticos iguales*; al menos un número cuántico debe ser diferente. Los electrones se comportan como si giraran en torno a un eje, casi de manera similar a como gira la Tierra. Este giro (espín) puede tener dos orientaciones, indicados como arriba ( $\uparrow$ ) y abajo ( $\downarrow$ ); solo dos electrones pueden ocupar un orbital y deben tener un espín opuesto. A continuación, se muestran ejemplos en las figuras 4.6, 4.7 y 4.8

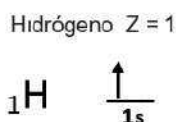


Figura 4.6 Distribución de los electrones del hidrógeno

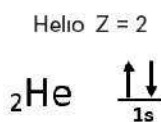


Figura 4.7 Distribución de los electrones del helio

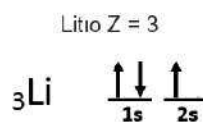


Figura 4.8 Distribución de los electrones del litio

### 4.2.2 Regla de Aufbau o principio de construcción

Este principio establece que *en un átomo polieletrónico, los electrones se distribuyen ocupando los orbitales de los subniveles, en orden creciente de energía*. Una forma práctica para ilustrar este principio de Aufbau o principio de construcción, es mediante la aplicación de la regla de la diagonal propuesta por el mexicano Jaime Keller Torres (figura 4.9).

De la regla de la diagonal de Keller resulta la siguiente secuencia energética donde denota los niveles y subniveles, comenzando con el orbital  $1s$  y descendiende en dirección de las flechas (tabla 4.1).

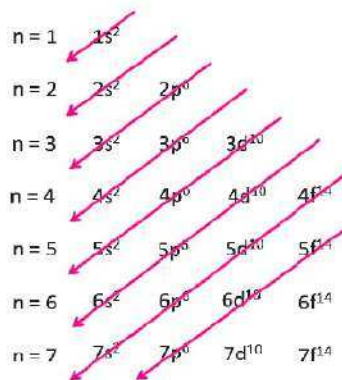


Figura 4.9 Diagrama de la diagonal propuesta por el mexicano Jaime Keller Torres

Secuencia energética																		
$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^{10}$	$4p^6$	$5s^2$	$4d^{10}$	$5p^6$	$6s^2$	$4f^{14}$	$5d^{10}$	$6p^6$	$7s^2$	$5f^{14}$	$6d^{10}$	$7p^6$

Tabla 4.1 Secuencia energética del llenado electrónico

### 4.2.3 Regla de Hund

Esta regla establece que la *distribución electrónica más estable en los subniveles es la que tiene el mayor número de espines paralelos*, principio establecido por Frederick Hund (1896-1997). Si están disponibles dos o más orbitales de igual energía, un electrón ocupa cada uno con espines paralelos hasta que todos los orbitales estén medio llenos; y sólo entonces un segundo electrón con espín opuesto puede ocupar cualquiera de los orbitales (tabla 4 2)

Una vez consultadas todas las reglas del llenado electrónico, podremos dar inicio a las configuraciones electrónicas, para su mejor comprensión.

Z	1S	2S	2P		
Z = 1	↑				
Z = 2	↑↓				
Z = 3	↑↓	↑			
Z = 4	↑↓	↑↓			
Z = 5	↑↓	↑↓	↑		
Z = 6	↑↓	↑↓	↑	↑	
Z = 7	↑↓	↑↓	↑	↑	↑
Z = 8	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑

Tabla 4 2 Distribución de electrones en los orbitales según la regla de Hund.

## 4.3 Configuración electrónica y periodicidad

La configuración electrónica es la manera en que se distribuyen los electrones entre los distintos niveles, subniveles y orbitales de un átomo en un estado fundamental (basal). De cierta forma, podemos descubrir en una configuración electrónica el “domicilio” de un elemento químico en la tabla periódica, su ubicación exacta, la calle donde vive, el número de casa y su código postal como si se tratase de una persona; para ello, es necesario comprender las diferentes formas de expresar una configuración electrónica, las cuales se desarrollan a continuación.

### 4.3.1 Notación exponencial o notación *s, p, d, f*

En esta notación los electrones se representan mediante exponentes numéricos en cada subnivel (figura 4 10). Son cuatro los subniveles en una configuración electrónica. *s, p, d* y *f*. A cada subnivel le corresponde un exponente: dos para *s*, seis para *p*, diez para *d* y catorce para *f*, lo anterior se puede resumir de la siguiente manera;  $s^2, p^6, d^{10}$  y  $f^{14}$ . Así mismo, a cada subnivel se le asigna un determinado número de orbitales; uno para *s*, tres para *p*, cinco para *d* y siete para *f*. Como se representa en la tabla 4.3.

Tipos de subniveles	No. de electrones en cada subnivel	No. de orbitales
<b>s</b>	2	1-
<b>p</b>	6	3 ---
<b>d</b>	10	5 -----
<b>f</b>	14	7 -----

Tabla 4 3 Tipos de subniveles, cantidad máxima de electrones que le corresponden y número de orbitales por subnivel

Por ejemplo.

- La configuración del hidrógeno es  $1s^1$  lo cual se lee «uno ese uno».
- La configuración del helio es:  $1s^2$  lo cual se lee «uno ese dos».
- La configuración del litio es.  $1s^2 2s^1$  lo cual se lee «uno ese dos, dos ese uno»

### Notación exponencial del átomo de cloro

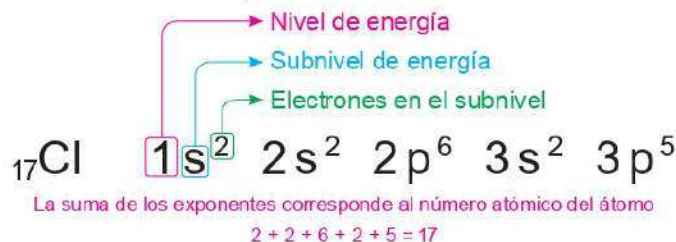


Figura 4.10 Identificación de los niveles y subniveles de energía, así como los electrones del subnivel en una configuración electrónica.

### 4.3.2 Notación vectorial o gráfica

Esta notación nos permite indicar el número de electrones en cada orbital y el sentido de los espines de cada uno de ellos se representan con flechas  $\uparrow\downarrow$ .

Veamos algunos ejemplos en el caso del hidrógeno ( $Z = 1$ ), se acomoda su único electrón en el orbital 1s (figura 4.11). En la configuración electrónica del helio, se ubican sus dos electrones en el orbital 1s con espines opuestos (figura 4.12).



Figura 4.11 Notación vectorial del hidrógeno.



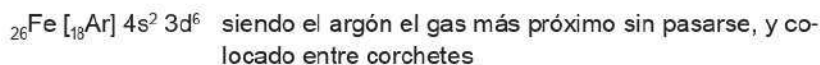
Figura 4.12 Notación vectorial del helio

### 4.3.3 Notación tipo Kernel

Este tipo de notación nos permite escribir en forma abreviada o simplificar una configuración electrónica, que de otra forma sería más extensa.

El Kernel de cualquier átomo se representa con el símbolo químico y número atómico del gas noble correspondiente, entre corchetes, cuyo número de electrones será inmediato inferior al del átomo que se desea representar.

Apóyese en la tabla 4.4 de gases nobles para qué siguiendo el mismo ejemplo del cloro quedaría de la siguiente manera



$[{}^2\text{He}]$
$[{}^{10}\text{Ne}]$
$[{}^{18}\text{Ar}]$
$[{}^{36}\text{Kr}]$
$[{}^{54}\text{Xe}]$
$[{}^{86}\text{Rn}]$

Tabla 4.4 Gases nobles

## 4.4 Electrones de valencia

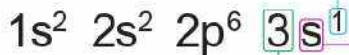
Como recordaremos, los electrones de valencia se abordaron en la progresión 10 de tu libro de *La materia y sus interacciones* del semestre pasado, y es necesario precisarlos nuevamente para ubicar a los elementos químicos en la tabla periódica. Los electrones de valencia son los electrones que ocupan el nivel de energía más externo y están implicados en el enlace químico. Además la reactividad química de los elementos está determinada en gran parte por estos electrones.

Con una configuración electrónica exponencial desarrollada se puede determinar el periodo, bloque, subgrupo (familia) y grupo. Es realmente interesante encontrar la ubicación de los elementos sin ver la tabla periódica

Los siguientes ejemplos muestran cómo determinar el grupo, subgrupo, periodo y bloque en *elementos representativos* (figura 4.13, figura 4.14 y figura 4.15).

Ejemplo 1

$_{11}\text{Na}$



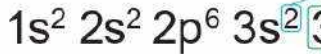
- En este ejemplo, se tiene un electrón externo, por lo que pertenece al grupo 1.
- La configuración electrónica termina en el subnivel s, por lo tanto, pertenece al bloque s y al subgrupo A.
- El nivel de energía más externo es 3, por lo tanto, el elemento pertenece al periodo 3.

Figura 4.13 Configuración electrónica exponencial del sodio mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque.

La configuración electrónica exponencial del sodio es un elemento representativo y se encuentra en el grupo 1, en el subgrupo IA, en el periodo 3 y en el bloque s.

Ejemplo 2

$_{16}\text{S}$



- En este ejemplo, los electrones de valencia son 6 (se suman los electrones de 3s y 3p), por lo tanto, pertenece al grupo 16
- La configuración electrónica termina en el subnivel p, por lo tanto, pertenece al bloque p y al subgrupo A.
- El nivel de energía más externo es 3, por lo tanto, el elemento pertenece al periodo 3.

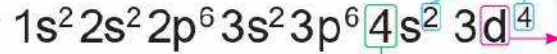
Figura 4.14 Configuración electrónica exponencial del azufre mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque

La configuración electrónica exponencial del azufre nos indica que es un elemento representativo y se encuentra en el grupo 16, en el subgrupo VIA, en el periodo 3 y en el bloque p

Los siguientes ejemplos muestran cómo determinar el grupo, subgrupo, periodo y bloque en *elementos de transición* (figura 4.15 y figura 4.16).

Ejemplo 1

$_{24}\text{Cr}$



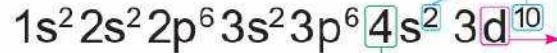
- En este ejemplo, los electrones de valencia son 6 (se suman los electrones de 4s y 3d), por lo tanto, pertenece al grupo 6
- La configuración electrónica termina en el subnivel d, por lo tanto, pertenece al bloque d y al subgrupo B
- El nivel de energía más externo es 4, por lo tanto, el elemento pertenece al periodo 4

Figura 4.15 Configuración electrónica exponencial del cromo mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque

La configuración electrónica, del cromo, nos indica que es un elemento de transición, se encuentra en el grupo 6, en el subgrupo VIB, en el periodo 4 y en el bloque d.

Ejemplo 2:

$_{30}\text{Zn}$



- En este ejemplo, los electrones de valencia son 12 (se suman los electrones de 4s y 3d), por lo tanto, pertenece al grupo 12
- La configuración electrónica termina en el subnivel d, por lo tanto, pertenece al bloque d y al subgrupo B
- El nivel de energía más externo es 4, por lo tanto, el elemento pertenece al periodo 4.

Figura 4.16 Configuración electrónica exponencial del zinc mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque



La configuración electrónica exponencial del zinc, nos indica que es un elemento de transición, se encuentra en el grupo 12, en el subgrupo IIB, en el periodo 4 y en el bloque *d*

Recuerda que, si no tenemos físicamente la tabla periódica en nuestras manos, podemos usar nuestra imaginación y la información que se adquirió al desarrollar la configuración electrónica exponencial de los elementos, para lograr ubicar con exactitud a un elemento químico en la tabla periódica, ya sea éste un elemento representativo o un elemento de transición. ¡No es magia, es ciencia!

### Actividad 4.2

Lee los siguientes enunciados y relaciona ambas columnas anotando en el paréntesis el número de la respuesta que consideres sea la correcta.

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. Es un conjunto de elementos con propiedades diferentes, cuyos electrones externos se encuentran en un mismo nivel de energía.                              | ( ) Periodo                   |
| 2. Están constituidos, por una parte, por los elementos representativos y por otra parte, por los elementos de transición y transición interna                | ( ) Subgrupo                  |
| 3. Son los electrones que ocupan el nivel de energía más externo. Son los implicados en el enlace químico, además de la reactividad química de los elementos. | ( ) Configuración electrónica |
| 4. Es la manera en que se distribuyen los electrones entre los distintos niveles, subniveles y orbitales de un átomo en un estado fundamental (basal).        | ( ) Bloque                    |
| 5. Se define como un conjunto de elementos con las mismas propiedades químicas.   | ( ) Electrones de valencia    |
| 6. Cada uno de estas partes, está constituido por los subniveles <i>s</i> , <i>p</i> , <i>d</i> y <i>f</i> .  | ( ) Grupo                     |

- a) Indaga en diversas fuentes, ¿por qué las configuraciones electrónicas del Cr y del Cu en su estado basal, no corresponden a lo que se esperaría?

b) Utilizando los conocimientos adquiridos, explica por qué la tabla periódica recibe ese nombre.

### Actividad 4.3

Realiza la configuración electrónica exponencial de los siguientes elementos y determina lo que solicita en la siguiente tabla.

Elemento	Símbolo químico	Z	Configuración electrónica	Periodo	Grupo	Bloque	Subgrupo
Magnesio							
Calcio							
Plata							
Oro							

### Actividad 4.4

Utilizando la información obtenida de los elementos trabajados en la actividad anterior, ubíquelos en la figura 4.17 que se encuentra a continuación y conteste las preguntas correspondientes.



Figura 4.17 Esqueleto de la tabla periódica.

1. ¿Qué elementos pertenecen al mismo periodo?

**Argumente.**

2. ¿Qué elementos pertenecen al mismo grupo o familia? Argumente.

3. ¿Qué predicciones podemos realizar al conocer la configuración electrónica?

Los ejemplos de propiedades que son predecibles a partir de patrones incluyen la reactividad de los metales, los tipos de enlaces formados, la cantidad de enlaces formados y las reacciones con el oxígeno.



## Progresión de aprendizaje 5

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.

## Actividad 5.1

Lee con atención el siguiente texto y comenta con tus compañeros una breve reflexión sobre el contenido.

[Lectura]

### ► ¿Qué tan minero es nuestro estado?

Cuando se habla sobre minería en México, usualmente nuestra mente enfatiza estados como Zacatecas, Sonora, Chihuahua, Guerrero, entre otros, que ciertamente son grandes productores. Sin embargo, nuestropreciado estado no “canta mal las rancheras” como es dicho coloquialmente. Sinaloa tiene una buena producción de minerales metálicos producto de la explotación minera. Metales preciosos, como el oro y la plata, forman parte de dicha producción, así como metales de gran aporte a la industria tales como el cobre, plomo, zinc y hierro. Hasta el año 2017 existían 115 proyectos de exploración y explotación minera en Sinaloa, siendo principalmente Canadá, Estados Unidos y China los principales inversionistas. Dichos proyectos



Figura 5.1 Vetas de oro mineral en Sinaloa.

se extendían a lo largo y ancho de la serranía de nuestro estado, desde Choix y El Fuerte, hasta Concordia y El Rosario, no sin dejar de mencionar a Mocorito, Culiacán y El Salado, entre otros muchos más. Dicho sea de paso, el valor de toda la producción minera de nuestro estado oscila alrededor de los ¡1500 millones de pesos anuales!, siendo el oro el mineral con mayor valor. Es impresionante todo lo que se puede extraer desde la corteza terrestre, y que mediante procesos físicos y químicos se obtengan materiales de gran valor monetario. Es grandioso todo lo que el ser humano puede lograr con el uso de las tecnologías.

Autor: Carlos Fernando Saucedá López.

## Actividad 5.2

Conteste lo siguiente.

1. De acuerdo a la lectura anterior, ¿considera que aún hay mucho terreno por explorar para obtener de él minerales metálicos de gran valor monetario?
2. Imagine que es parte importante del personal de una gran mina. Entra a una reunión con los directivos chinos para informarles que tiene una pista sobre la presencia de un mineral muy valioso pero los traductores no asistieron y no cuenta con ningún dispositivo traductor, solo tiene muestras de tierra y una tabla periódica ¿Cómo manejaría la situación?

Comparte tu opinión con tus compañeros, asimismo, escucha como ellos lo manejarían.

## 5.1 Características de metales, no metales, metaloides

En progresiones previas se abordó la tabla periódica de los elementos químicos, así como también las propiedades de los mismos y el por qué están ordenados de tal forma. De los 118 elementos que se conocen a la fecha, solo 92 elementos son naturales. De estos, 11 elementos son gaseosos a temperatura ambiente (25°C), (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), de ellos dos son líquidos (Br<sub>2</sub>, Hg) y el resto son sólidos. De manera recurrente, algunas tablas periódicas muestran al Ga y al Cs como elementos líquidos; es importante confirmar que sí lo son, pero a temperaturas mayores de 25°C, por ejemplo, el galio puede fundir a la temperatura de la palma de la mano. También en ocasiones se muestra al francio, Fr, como elemento líquido, sin embargo, no se han obtenido cantidades suficientes para comprobarlo, aún así la tendencia periódica nos permite predecir que éste puede ser líquido.

En el siglo XVIII, Antonio Lorenzo Lavoisier, propuso una clasificación para los elementos químicos, en metales y no metales. Según su capacidad para conducir la corriente eléctrica o el tipo de óxido que forman. Hoy, esta clasificación considera las propiedades químicas para clasificarlos como metales, no metales, metaloides y gases nobles.

### Metales

Los metales se localizan a la izquierda y al centro de la tabla periódica. Sin embargo, en la parte inferior derecha de la tabla periódica se encuentran también algunos metales, como el estaño (Sn), el plomo (Pb) y el bismuto (Bi).

#### Propiedades físicas

- Tienen brillo, cuando son lisos y limpios
- Sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio, Hg, que es un líquido)
- Buenos conductores del calor y la electricidad.
- Dúctiles y maleables, lo que significa que se pueden laminar y hacer alambres y monedas con ellos.
- Altos puntos de fusión.
- Bajas energías de ionización.

#### Propiedades químicas

- Reaccionan con los no metales para formar óxidos básicos, hidróxidos y sales, entre otros.



Figura 5.2 Herramientas metálicas de uso cotidiano

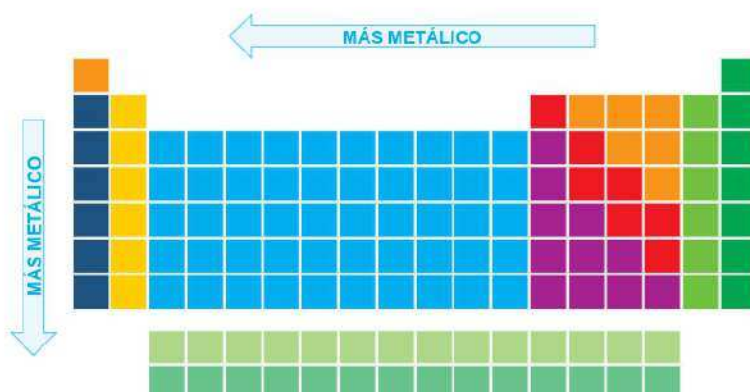


Figura 5.3 El carácter metálico y sus tendencias en la tabla periódica

- Tienen gran tendencia a perder electrones y formar cationes (iones de carga positiva)
- Con excepción del estaño, plomo y bismuto, los metales tienen uno, dos, y hasta tres electrones de valencia, que pueden ser fácilmente cedidos.
- Son reductores.
- El carácter metálico aumenta de arriba hacia abajo en la tabla periódica y de derecha a izquierda.

## No metales

Algunos autores clasifican a los gases nobles como no metales, sin embargo, deben ser abordados separadamente, porque en general no presentan las propiedades de los no metales.

### Propiedades físicas

- Generalmente son gases, como el flúor, cloro, oxígeno y nitrógeno o sólidos quebradizos, como el carbono (grafito), el yodo, el azufre y el fósforo (excepto el bromo, que es un líquido).
- Son malos conductores del calor y la electricidad
- No son maleables, ni dúctiles.
- Puntos de fusión bajos.
- Altas energías de ionización.

### Propiedades químicas

- Reaccionan con los metales y consigo mismo, para formar compuestos como: óxidos ácidos, oxácidos, hidrácidos, hidruros, sales, entre muchos otros.
- Tienen gran tendencia a ganar uno, dos y hasta tres electrones para formar aniones (iones de carga negativa)
- Son electronegativos
- Son oxidantes.
- El carácter no metálico aumenta hacia arriba y hacia la derecha



Figura 5 4 El carácter no metálico y sus tendencias en la tabla periódica.

## Metaloides

Los metaloides se encuentran abajo y arriba de la línea diagonal que divide a los metales de los no metales. A los metaloides también se les conoce como anfóteros o semimetales, debido a que presentan tanto características metálicas como no metálicas. Entre ellos se encuentran el boro, silicio, germanio, arsénico, antimonio, telurio, polonio y ástato.

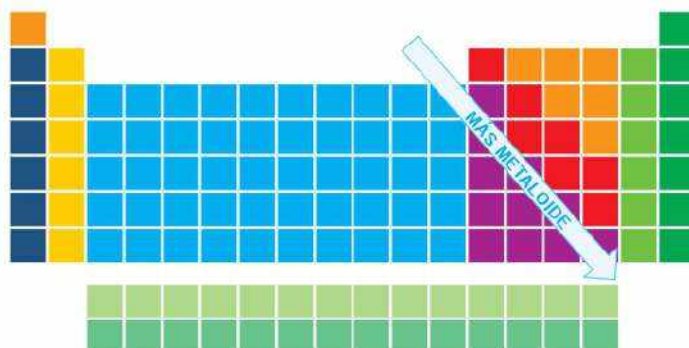


Figura 5.5 El carácter anfótero o semimetálico de los elementos y sus tendencias en la tabla periódica

### Propiedades

En general son elementos sólidos y con cierto brillo metálico.

- **Son semiconductores.** Un semiconductor es un elemento que no conduce la electricidad tan bien como un metal, pero lo hace mejor que un no metal. La propiedad semiconductora del silicio hizo posible la revolución de las computadoras

### Actividad 5.3

Formen equipos con dos o tres compañeros y procedan a acceder al enlace señalado que los llevará a un breve juego didáctico, lleven a cabo una partida cada quien, anoten y comparen sus resultados

[https://es.educaplay.com/recursos-educativos/5220428-elementos\\_y\\_sus\\_simbolos.html](https://es.educaplay.com/recursos-educativos/5220428-elementos_y_sus_simbolos.html)



## 5.2 Nomenclatura de los compuestos

Cuando la química era una ciencia joven y el número de compuestos conocidos pequeño, era posible memorizar todos los nombres. Muchos nombres se derivaban de su aspecto físico, de sus propiedades, de su origen o de sus aplicaciones, por ejemplo, leche de magnesia, gas hilarante, piedra caliza, sosa cáustica, lejía, sosa para lavar y polvo de hornear. En la actualidad el número de compuestos conocidos sobrepasa los 70 millones por fortuna no es necesario memorizar sus nombres. A través de los años, los químicos han diseñado un sistema claro para nombrar las sustancias químicas.

Las reglas propuestas son aceptadas mundialmente, lo que facilita la comunicación entre los químicos y proporciona una forma útil para trabajar con la abrumadora variedad de sustancias. El aprendizaje de estas reglas en el momento actual proporciona un beneficio casi inmediato a medida que se avanza en el estudio de la química. Para iniciar el estudio de la *nomenclatura química*, es decir, el nombre de los compuestos químicos, es necesario, primero, distinguir entre *compuestos inorgánicos* y *orgánicos*. Los compuestos orgánicos contienen carbono, comúnmente combinado con elementos como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre

El resto de los compuestos se clasifican como compuestos inorgánicos. Por conveniencia, algunos compuestos que contienen carbono, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>), compuestos que contienen el grupo cianuro (CN<sup>-</sup>), así como los grupos carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se consideran compuestos inorgánicos

### Fórmulas químicas

La fórmula química de una sustancia muestra su composición química y representa tanto a los elementos presentes como la proporción en la que se encuentran los átomos de dichos elementos. La fórmula de un solo átomo es igual a su símbolo; por lo tanto, Na puede representar a un átomo de sodio. No es muy común encontrar átomos aislados en la naturaleza, salvo en el caso de los gases nobles (He, Ne, Ar, Kr, Xe y Rn)

Un subíndice después del símbolo de un elemento indica el número de átomos que forman una molécula, por ejemplo, F<sub>2</sub> indica que la molécula tiene dos átomos de flúor y P<sub>4</sub> una molécula que tiene cuatro átomos de fósforo. Algunos elementos existen en más de una forma, por ejemplo, el oxígeno se encuentra en forma de moléculas de O<sub>2</sub> y el ozono como moléculas de O<sub>3</sub>. El carbono existe en dos formas cristalinas: diamante y grafito. Las formas diferentes del mismo elemento en el mismo estado físico reciben el nombre de **modificaciones alotrópicas** o **alótropos**

Los compuestos se consideraron de inicio sustancias distintas debido a que poseen propiedades físicas diferentes y a que pueden separarse unos de otros por métodos físicos. Una vez que se establecieron los conceptos de átomo y molécula, se pudo entender la razón de las diferencias en sus propiedades. Dos compuestos difieren entre sí porque sus moléculas son distintas y, por el contrario, si dos moléculas tienen el mismo número y tipo de átomos distribuidos de la misma manera, entonces ambas moléculas corresponden al mismo compuesto.

En consecuencia, la teoría atómica explica la **ley de las proporciones definidas**. Esta ley, que también se conoce como ley de la composición constante, ahora puede ampliarse para incluir su interpretación en términos de átomos, y es tan importante para realizar los razonamientos que se ven en esta progresión de aprendizaje que se procede a enunciarla.



Figura 5.6 Distintos reactivos químicos con sus respectivas etiquetas.

“Las muestras diferentes de un compuesto puro siempre tienen los mismos elementos en la misma proporción en masa; esto corresponde a átomos de esos elementos combinados en proporción numérica fija ”

En resumen, una **fórmula química** expresa la composición cualitativa y cuantitativa de las moléculas o las unidades fórmulas que constituyen una sustancia molecular o reticular respectivamente

Ejemplos:

NaCl	FeO	AlCl <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> I
Cloruro de sodio	Óxido de hierro (II)	Cloruro de aluminio	Fosfato de calcio	Yoduro de amonio
Sal de mesa	Producto de la corrosión del hierro	Ingrediente activo en antitranspirantes	Esmalte dental	Tintas y fotografía

Tabla 5.1 Fórmulas químicas, nomenclatura e información general de algunos compuestos.

## Características de una fórmula química

Una fórmula química está constituida por símbolos químicos, subíndices y coeficientes.

- Los símbolos químicos representan macroscópicamente el tipo de elementos presentes en el compuesto y submicroscópicamente el tipo de átomos en la molécula o unidad fórmula
- Los subíndices representan el número de átomos de esos elementos presentes en el compuesto o el número relativo de iones en una celda unitaria de un compuesto iónico. Se escriben siempre en la parte inferior derecha del símbolo químico.
- Los coeficientes indican el número de moléculas o unidades fórmula; así como también el número de moles presentes de la sustancia.

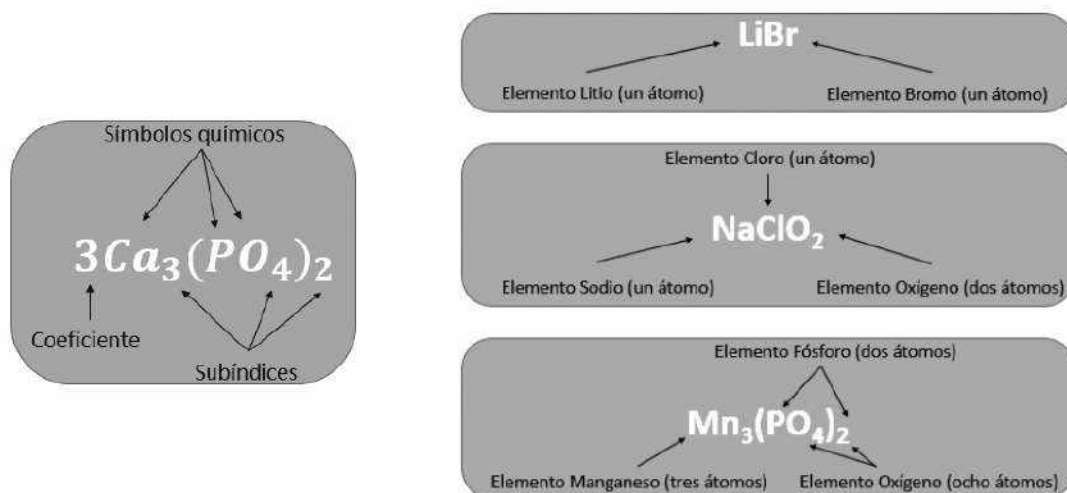


Figura 5.7 Componentes de una fórmula química y lo que representan

## Número de oxidación (estado de oxidación)

El número de oxidación, es un indicador que compara el ambiente electrónico de un átomo en una molécula con el ambiente electrónico de un átomo aislado del mismo elemento. Los números de oxidación son convencionales; se trata de un número entero, positivo, negativo o cero, que se asigna a cada elemento presente en un compuesto y está referido, al número de cargas reales o aparentes que tendría un átomo en una molécula (o en una celda unitaria), si los electrones fueran transferidos completamente

Al construir una fórmula química, se debe tener en cuenta las siguientes reglas para asignar los números de oxidación:

1. Todo elemento en su estado libre, como el Na, Mg, Ag, Fe, tendrá un número de oxidación igual a cero. Asimismo, aquellos elementos que en su forma natural se encuentran como moléculas diatómicas, triatómicas, tetraatómicas o poliatómicas. Existe entre apasionados de la química una frase con tintes musicales para memorizar las moléculas diatómicas presentes en la naturaleza: *"Invierno Brumoso, Clima Frío, Ocasiona Nacimiento de Hongos"*.

Tipo de molécula	Ejemplo
Diatómicas	$I_2, Br_2, Cl_2, F_2, O_2, N_2, H_2$
Triatómicas	$O_3$
Tetraatómicas	$P_4$
Poliatómicas	$S_8$

Tabla 5.2 Ejemplos de moléculas poliatómicas

2. El número de oxidación de cualquier ion monoatómico es igual a su carga.
3. Al construir una fórmula química, generalmente se escribe primero la parte positiva y después la parte negativa.
4. Los subíndices se determinan cruzando los valores numéricos sin los signos positivo y negativo.
5. Si los subíndices tienen un denominador común se llevan a su menor expresión (hay algunas excepciones donde permanecen sin cambio).
6. El número de oxidación del oxígeno normalmente es -2 en compuestos iónicos y moleculares. La excepción se encuentra en los peróxidos -O-O-, donde cada átomo de oxígeno tiene un número de oxidación de -1.
7. El número de oxidación del hidrógeno es +1 cuando se combina con no metales (hidruros no metálicos) y -1 cuando se combina con metales (hidruros metálicos).
8. El número de oxidación del flúor es -1 en todos sus compuestos. Los demás halógenos tienen un número de oxidación de -1 en la mayor parte de sus compuestos binarios, pero cuando se combinan con oxígeno tienen estados de oxidación positivos.
9. Los metales tienen estados de oxidación positivos, mientras que los no metales tienen estados de oxidación negativos, cuando se unen con los metales y los metaloides.
10. Los no metales presentan estados de oxidación positivos, cuando se unen a otro elemento no metálico más electronegativo.
11. Para que la fórmula del compuesto sea eléctricamente neutra, la suma de los números de oxidación positivos y negativos debe ser igual a cero.

1 H -1 +1																	2 He
3 Li +1	4 Be +2											5 B +3	6 C -4 +2,+4	7 N -3 1,3,5 (2,4)	8 O -1,-2	9 F -1	10 Ne
11 Na +1	12 Mg +2											13 Al +3	14 Si -4 +2,+4	15 P -3 +3,+5	16 S -2 +2,+4,+6	17 Cl -1 1,3,5,7	18 Ar
19 K +1	20 Ca +2	21 Sr +3	22 Ti +2,+3,+4	23 V	24 Cr* +2,+3	25 Mn* +2,+3	26 Fe +2,+3	27 Co +2,+3	28 Ni +2,+3	29 Cu +1,+2	30 Zn +2	31 Ga +3	32 Ge -4 +2,+4	33 As -3 +3,+5	34 Se -2 +2,+4,+6	35 Br -1 1,3,5,7	36 Kr
37 Rb +1	38 Sr +2	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd +2,+4	47 Ag +1	48 Cd +2	49 In +3	50 Sn +2,+4	51 Sb -3 +3,+5	52 Te -2 +2,+4,+6	53 I -1 1,3,5,7	54 Xe
55 Cs +1	56 Ba +2	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt +2,+4	79 Au +1,+3	80 Hg +1,+2	81 Tl +1,+3	82 Pb +2,+4	83 Bi +3,+5	84 Po +2	85 At	86 Rn
87 Fr +1	88 Ra +2	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

\* Cuando el Mn actúa como no metal, sus estados de oxidación habituales son 4, 6 y 7. Para el Cr, el estado de oxidación como el no metal es 6.

Figura 5.8 Tabla periódica con los estados de oxidación más comunes para cada elemento. Fuente: <https://www.quimtube.com/tablas-periodicas-pdf/>

### Actividad 5.4

En forma individual o colaborativa completa la tabla, construyendo las fórmulas químicas que resulta de relacionar las entidades positivas y negativas.

	O <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>	H <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	NO <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
H <sup>+</sup>										
Na <sup>+</sup>										
Mg <sup>2+</sup>										
Fe <sup>3+</sup>										
Mn <sup>6+</sup>										
Au <sup>2+</sup>										
Ba <sup>2+</sup>										
Cu <sup>+</sup>										
Cr <sup>4+</sup>										
Hg <sup>2+</sup>										

## Actividad 5.5

### Autoevaluación

En forma individual resuelva los siguientes cuestionamientos. El presente test lo podrá encontrar en línea, utilizando el siguiente enlace: [https://es.educaplay.com/recursoseducativos/4353549-construccionformulas\\_quimicas.html](https://es.educaplay.com/recursoseducativos/4353549-construccionformulas_quimicas.html)

1. En una fórmula química, el número que indica los átomos de un elemento presentes en una molécula o en una celda unitaria se denomina:
  - a) Número de oxidación
  - b) Superíndices
  - c) Subíndices
  - d) Números atómicos
2. Un grupo de átomos que actúan juntos, como si fueran un sólo átomo cargado, es un ...
  - a) Ion poliatómico
  - b) Ion negativo
  - c) Molécula
  - d) Cristal
3. Al número entero, positivo, negativo o cero, que se asigna a un elemento presente en una fórmula química, se le denomina:
  - a) Valencia
  - b) Número de oxidación
  - c) Número de coordinación
  - d) Subíndice
4. Generalmente presentan estados de oxidación positivos, porque son menos electronegativos.
  - a) Metales
  - b) No metales
  - c) Metaloides
  - d) Gases nobles
5. En una fórmula química representan cualitativamente a los elementos o a los átomos presentes en la molécula o unidad fórmula.
  - a) Subíndice
  - b) Coeficiente
  - c) Símbolo químico
  - d) Superíndice
6. En la fórmula,  $5\text{H}_2\text{SO}_4$  el número que se encuentra como coeficiente, es:
  - a) 5
  - b) 4
  - c) 2
  - d) 1
7. Explique la importancia que tiene el número de oxidación en la construcción de fórmulas químicas.

---

---

---

---

---

---

## 5.3 Reacción metal - oxígeno: formación de óxidos metálicos

Los óxidos básicos o metálicos, son compuestos iónicos binarios que resultan de la combinación de un metal con el oxígeno. Por ejemplo, el óxido de sodio. Se denominan óxidos básicos porque al reaccionar con el agua forman hidróxidos o bases, o porque al reaccionar con los ácidos forman sales.

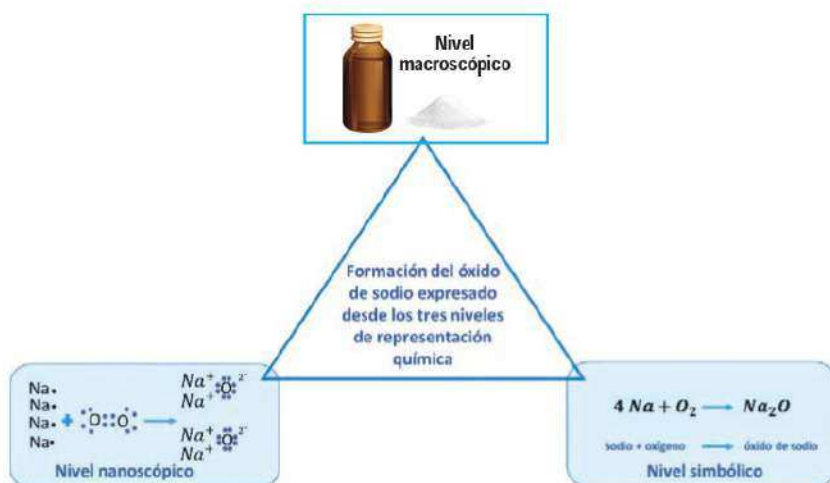


Figura 5.9 Formación del óxido de sodio desde los tres niveles de representación química

Para dar nombre a los óxidos básicos generalmente se utilizan dos tipos de nomenclatura, el método de Stock y la nomenclatura común.

### Nomenclatura IUPAC

La necesidad de contar con un sistema de nomenclatura a partir de la cual se pudiera nombrar la sustancia y determinar su composición a partir del nombre, llevó a los químicos a fundar en 1919, un organismo científico internacional al que denominaron, International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC, por sus siglas en inglés.

Las reglas emitidas por este organismo, aun cuando son recomendaciones, se aceptan por la comunidad científica, lo que facilita la comunicación entre los químicos.

### Nomenclatura Stock

El sistema Stock forma parte de la IUPAC, se denominó así, en honor al químico alemán Alfred Stock (1876-1946). En este sistema la carga del ion metálico se representa mediante un número romano el cual se coloca entre paréntesis después del nombre del metal, sólo si éste posee más de un número de oxidación. Este método es el más moderno y su uso tiende a generalizarse. Ejemplo: óxido de hierro (III),  $Fe_2O_3$ .

### Nomenclatura común o antigua

Hace algunos siglos, el número de sustancias era tan reducido que no había gran dificultad para su aprendizaje. Los nombres que se utilizaban para designarlas casi siempre se derivaban de sus propiedades, de sus aplicaciones o de su origen, por ejemplo, cal viva, cal apagada, yeso, piedra caliza, sales de Epsom, sosa cáustica, leche de magnesia, polvo de hornear, ácido murático, etc., algunos de estos nombres aún se siguen utilizando. Se conocen como nombres comunes, antiguos, triviales o tradicionales. En la actualidad se tienen casi 60 millones de sustancias entre orgánicas e inorgánicas, lo que hace

más que evidente la imposibilidad de seguir utilizando este tipo de nombres y la necesidad de establecer un sistema que regule la forma de nombrar a las sustancias.

En 1892, en Ginebra, Suiza, por primera vez se establecieron las bases para regular la nomenclatura de los compuestos orgánicos, cosa que no sucedió con la nomenclatura de los compuestos inorgánicos, ya que dependiendo del autor o de la situación se podían proponer varios métodos para nombrar a un mismo compuesto

El método común es de los más antiguos y aún se utiliza para dar nombre a compuestos iónicos y covalentes, aunque la tendencia es al desuso. Se emplean terminaciones **oso** e **ico**, para distinguir a dos iones del mismo metal que tienen carga diferente. Para el ion metálico de mayor carga se usa la terminación **-ico** y **-oso** para el de menor. Ejemplo: óxido ferroso ( $\text{FeO}$ ) y óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Catión	Nombre stock del catión	Nombre común del catión
$\text{Fe}^{2+}$	ion hierro (II)	ion ferroso
$\text{Fe}^{3+}$	ion hierro (III)	ion férrico
$\text{Cu}^+$	ion cobre (I)	ion cuproso
$\text{Cu}^{2+}$	ion cobre (II)	ion cúprico
$\text{Pb}^{2+}$	ion plomo (II)	ion plumboso
$\text{Pb}^{4+}$	ion plomo (IV)	ion plúmbico
$\text{Sn}^{2+}$	ion estaño (II)	ion estanoso
$\text{Sn}^{4+}$	ion estaño (IV)	ion estánico
$\text{Hg}_2^{2+}$ *	ion mercurio (I)*	ion mercuroso
$\text{Hg}^{2+}$	ion mercurio (II)	ion mercuríco
$\text{Au}^+$	ion oro (I)	ion auroso
$\text{Au}^{3+}$	ion oro (III)	ion auríco
$\text{Co}^{2+}$	ion cobalto (II)	ion cobaltoso
$\text{Co}^{3+}$	ion cobalto (III)	ion cobáltico
$\text{Ni}^{2+}$	ion níquel (II)	ion níqueloso
$\text{Ni}^{3+}$	ion níquel (III)	ion níquelíco
$\text{Mn}^{2+}$	ion manganeso (II)	ion mangansoso
$\text{Mn}^{3+}$	ion manganeso (III)	ion mangánico

\*El ion  $\text{Hg}_2^{2+}$  (+Hg-Hg+) existe como dímero, es decir, se forma al unirse dos átomos de mercurio entre sí, de forma tal que cada ion se presenta como mercuroso.

Tabla 5.3 Nomenclatura stock y común para diversos cationes

Los iones metálicos que no tienen carga variable como los del grupo IA ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  y  $\text{Cs}^+$ ), IIA ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  y  $\text{Ra}^{2+}$ ), IB ( $\text{Ag}^+$ ) y IIB ( $\text{Zn}^{2+}$ ), en la nomenclatura Stock, no es necesario explicitar su carga empleando números romanos.

Catión	Anión	Fórmula química	Nombre stock	Nombre común
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{O}^{2-}$	$\text{FeO}$	Óxido de hierro (II)	Óxido ferroso
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{O}^{2-}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Óxido de hierro (III)	Óxido férrico
$\text{Au}^+$	$\text{O}^{2-}$	$\text{Au}_2\text{O}$	Óxido de oro (I)	Óxido auroso
$\text{Au}^{3+}$	$\text{O}^{2-}$	$\text{Au}_2\text{O}_3$	Óxido de oro (III)	Óxido auríco
$\text{Li}^+$	$\text{O}^{2-}$	$\text{Li}_2\text{O}$	Óxido de litio	Óxido de litio
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{O}^{2-}$	$\text{CaO}$	Óxido de calcio	Óxido de calcio
$\text{Ag}^+$	$\text{O}^{2-}$	$\text{Ag}_2\text{O}$	Óxido de plata	Óxido de plata

Tabla 5.4 Nomenclatura stock y común para diversos óxidos metálicos.

## Aplicaciones de los óxidos metálicos

Fórmula química	Nombre	Aplicación
BeO	Óxido de berilio	Se usa en los reactores atómicos como regulador de temperatura.
MgO	Óxido de magnesio	En la fabricación de ladrillos refractarios (para hornos) e instrumentos ópticos y talco.
CaO	Óxido de calcio	Se utiliza con mayor frecuencia en la construcción. Fabricación de acero y cemento. En el tratamiento de agua.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de aluminio	En la fabricación de abrasivos, refractarios, cerámica y gemas artificiales.
Na <sub>2</sub> O	Óxido de sodio	Como blanqueador en la industria textil.
PbO	Óxido de plomo (II) Óxido plumboso	En la fabricación de acumuladores; elaboración de cerámica y vidrio.

Tabla 5.5 Aplicaciones comunes de distintos óxidos metálicos

### Actividad 5.6

Entre alumnos se formarán equipos de trabajo con tres a cuatro integrantes y con base en lo abordado anteriormente, además del diálogo y comunicación asertiva, escribirán la fórmula química, nombre stock o nombre común (dependiendo del caso que se presente) de los siguientes óxidos metálicos.

Catión	Anión	Fórmula química	Nombre stock	Nombre común
Fe <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	FeO	Óxido de hierro (II)	
Fe <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Óxido férrico
Au <sup>+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de oro (I)	Óxido auroso
Au <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Óxido áurico
Li <sup>+</sup>	O <sup>2-</sup>	Li <sub>2</sub> O		
Ca <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de calcio	
Ag <sup>+</sup>	O <sup>2-</sup>			Óxido de plata
Cu <sup>+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de cobre (I)	
Cu <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	CuO		Óxido cúprico
Pb <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de plomo (II)	
Pb <sup>4+</sup>	O <sup>2-</sup>	PbO <sub>2</sub>		Óxido plúmbico
Sn <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	SnO		Óxido estanoso
Sn <sup>4+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de estaño (IV)	
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>			Óxido mercurioso
Hg <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>		Óxido de mercurio (II)	

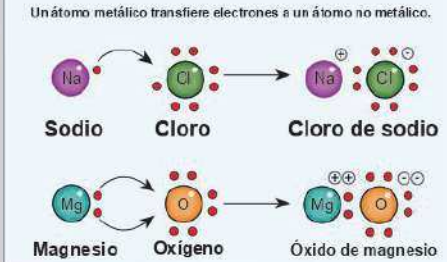


La atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explica la estructura, propiedades y transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los objetos materiales.

## Tipos de enlaces químicos

### Enlace iónico

Un átomo metálico transfiere electrones a un átomo no metálico.

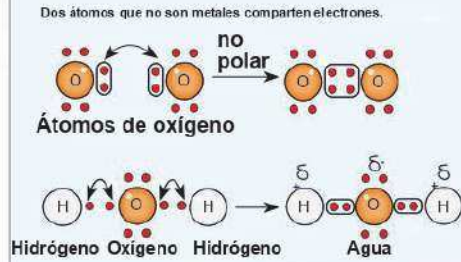


Sodio      Cloro      Cloro de sodio

Magnesio      Oxígeno      Óxido de magnesio

### Enlace covalente

Dos átomos que no son metales comparten electrones.



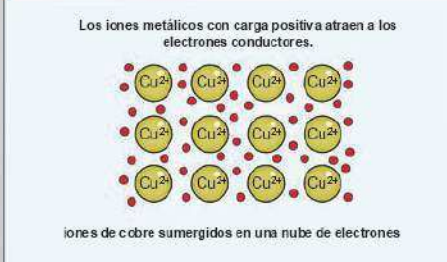
no polar

Átomos de oxígeno

Hidrógeno      Oxígeno      Hidrógeno      Agua

### Enlace metálico

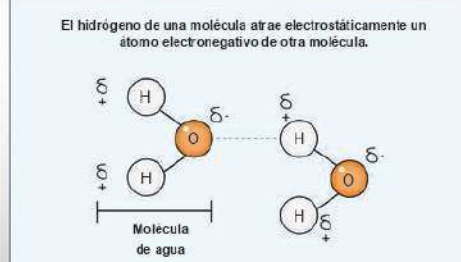
Los iones metálicos con carga positiva atraen a los electrones conductores.



iones de cobre sumergidos en una nube de electrones

### Enlace por puente de hidrógeno

El hidrógeno de una molécula atrae electrostáticamente un átomo electronegativo de otra molécula.



Molécula de agua

## Progresión de aprendizaje 6

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
CT7. Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

La atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explica la estructura, propiedades y transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los objetos materiales.

[Lectura]

### ► El misterio de la descarga eléctrica en las nubes



Figura 6.1 Descarga eléctrica.

En una tarde nublada, Mario Alberto observó una descarga eléctrica, lo que rápidamente le hizo preguntarse: ¿Por qué ocurrió este fenómeno?

Al día siguiente, en la clase de química, Mario Alberto planteó su duda. Su profesora le respondió: “Los rayos son descargas electrostáticas atmosféricas originadas por la acumulación de carga eléctrica en las nubes. Estas descargas ocurren cuando el aire sufre una ruptura dieléctrica al superar un determinado valor de campo eléctrico. Como resultado, se genera un canal ionizado en estado plasmático que facilita la transferencia de carga entre dos puntos, generalmente entre una nube y el suelo.”

Cuando se forman las nubes de tormenta, se rompe el equilibrio de cargas positivas y negativas en la atmósfera debido a la polarización de las cargas eléctricas. Así, la parte inferior de las nubes adquiere una carga negativa, lo que induce a una carga positiva en la tierra y en los objetos sobre ella.

Esto genera un campo eléctrico que puede alcanzar decenas de kilovoltios.

Las nubes se crean por la acumulación de vapor de agua, conteniendo miles de millones de moléculas cargadas eléctricamente. Al chocar las nubes entre sí, se friccionan y se cargan cada vez más electrostáticamente. Cuando el aire se vuelve conductor, ocurre la descarga eléctrica, conocida como “rayo”, debido al exceso de electrones en la nube y de protones en la superficie del suelo de la misma.

Autor: Quetzalli Alejandra Hernández Zárate.

Para comprender mejor este proceso natural de cargas electrostáticas, realiza la siguiente actividad

#### Actividad 6.1

Realicen en clase el siguiente experimento y debatan sobre las cuestiones abordadas en la siguiente actividad experimental.

##### Exploración 1: Observación y deducción de las cargas eléctricas con la ley de la electrostática

- Para esta actividad, necesitaremos el siguiente material: 1 vaso, alfiler, agua, 6 globos y un recipiente.
- Realicen un orificio, en el fondo del vaso con el alfiler.
- Entreguen un globo a sus compañeros y soliciten que lo infien y lo aten.
- Pida a uno de sus compañeros que froten el globo con su cabello.
- Llene con agua el vaso previamente perforado con el alfiler y colóquelo sobre el recipiente.

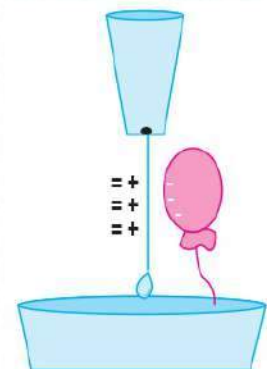


Figura 6.2 Modelo experimental de electrostática.

- Rápidamente pide a uno de sus compañeros acercar el globo cargado electrostáticamente al chorro de agua.
- ¿Qué sucederá cuando acerque el globo al hilo de agua?
- ¿Qué observaste? ¿Porqué crees que sucede?
- Observa qué sucede, si alejan el globo a diferentes distancias.
- ¿A qué crees que se deba este comportamiento en relación con las distancias?

Como ya sabemos, todos los cuerpos materiales que nos rodean presentan fuerzas electrostáticas, las cuales pueden ser positivas, negativas o neutras. Con la actividad experimental, pudiste apreciar algunos conceptos básicos de electrostática.

## Fuerzas de atracción y/o repulsión entre cargas

Las fuerzas electrostáticas, también conocidas como fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas, son fundamentales para el comportamiento de la materia a nivel atómico.

¿Te has preguntado por qué los objetos materiales no se desintegran espontáneamente? ¿Cuál es la razón de la forma esférica del agua en el espacio? ¿Por qué, cuando giras la llave del tanque de gas, este tiende a liberarse y escapar del contenedor? ¿Por qué un tanque que contiene gas, cuando está cerrado, tiene mucha presión? ¿Por qué un líquido, cuando destapas un recipiente, permanece en reposo? ¿Qué mantiene la integridad de una molécula o un átomo?

La integridad de un cuerpo material tiene un “origen electromagnético”. La naturaleza se rige por cuatro fuerzas fundamentales: la fuerza gravitatoria, la fuerza nuclear fuerte, la fuerza nuclear débil y, por último, la fuerza electromagnética.

- **Fuerza gravitatoria.** Es la fuerza de atracción con la que interactúan los cuerpos celestes, como los planetas, la luna y el sol. Además, es la fuerza que ejerce la superficie de un planeta hacia su interior sobre todos los cuerpos. Esta fuerza actúa a escala macroscópica y tiene un alcance infinito.
- **Fuerza nuclear fuerte.** Se refiere a una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza. Es la fuerza que mantiene unidos los protones y neutrones en el núcleo atómico, evitando que los protones, que tienen la misma carga positiva, se repelen entre sí. Esta fuerza actúa a una escala muy pequeña, aproximadamente del tamaño de un núcleo atómico, y es extremadamente poderosa, mucho más fuerte que la fuerza electromagnética a estas distancias.
- **Fuerza nuclear débil.** A diferencia de la fuerza nuclear fuerte, la fuerza nuclear débil actúa en los límites exteriores del núcleo atómico. Es responsable de la desintegración radiactiva de partículas subatómicas y juega un papel crucial en el proceso de fisión nuclear.
- **Fuerza electromagnética.** La fuerza electromagnética, a diferencia de la fuerza nuclear fuerte y débil, tiene un alcance infinito y está siempre presente en cualquier cuerpo material. Esta fuerza es fundamental para la integridad y las propiedades de los cuerpos, ya que influye en la estructura y comportamiento de la materia.

## Estructura atómica de la materia

El núcleo de un átomo está compuesto por protones, que tienen carga positiva, y neutrones, que no poseen carga eléctrica. Los electrones, con carga negativa, orbitan alrededor del núcleo en distintos niveles de energía. Estos tienen carga negativa y su movimiento genera campos electromagnéticos. Estas partículas subatómicas son fundamentales, ya que juntas forman los átomos, que se encuentran en todos

los cuerpos materiales. El acomodo, distribución e interacción de los átomos otorgan las características y propiedades que diferencian a la materia.

## Propiedades de la materia

La materia y sus propiedades se ven afectadas, tanto por las fuerzas gravitatorias del entorno como por las fuerzas de atracción y repulsión entre las moléculas que la componen. Entre las propiedades destacadas se incluyen:

- **Estados de agregación.** Los estados de agregación de la materia dependen de la disposición de las partículas, la cual resulta de sus interacciones y movimientos. Estas interacciones, producto de las fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión, determinan si la materia se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.
- **Conductividad eléctrica.** Es la capacidad de un material para conducir electricidad y depende de la facilidad con la que los electrones pueden moverse a través de su estructura sin encontrar resistencia eléctrica.
- **Punto de fusión.** La temperatura a la que un sólido se funde está influenciada por las fuerzas de las interacciones electrostáticas entre las moléculas.
- **Punto de ebullición.** La temperatura a la que un líquido hierve está influenciada por las fuerzas de interacción electrostática entre las moléculas.

Para adentrarnos en el mundo de la atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica, es necesario profundizar en el estudio de la electrostática y la fuerza electromagnética desde una perspectiva atómica. Las fuerzas electrostáticas son fundamentales para gobernar el comportamiento del átomo, además, determinan las propiedades y transformaciones de la materia.

## Electrostática

**Electrostática.** Es la rama de la física que estudia y analiza el comportamiento de las cargas eléctricas en estado de equilibrio. En otras palabras, se enfoca en los efectos que generan los cuerpos debido a sus cargas eléctricas, ya sean de atracción o repulsión. La ley fundamental de la electrostática es la Ley de Coulomb, propuesta por Charles A. Coulomb.

¿Alguna vez has experimentado pequeñas chispas eléctricas al levantarte de la cama, al quitarte una prenda de vestir, al tocar una puerta o al tener contacto con otra persona? Cada uno de estos ejemplos es una experiencia de origen electrostático, lo que significa que los cuerpos se cargaron eléctricamente debido a la interacción entre los materiales. Estas experiencias demuestran la existencia de la carga eléctrica. Pero, ¿qué es la carga eléctrica y quién o qué la genera?

## La carga eléctrica

Es una magnitud cuantizada, lo que quiere decir que cualquier cuerpo es siempre un múltiplo del valor de  $e^-$  y desde el punto de vista físico es una perturbación que genera una partícula cargada en un campo eléctrico.

¿Qué sucede con el campo eléctrico cuando dos átomos con el mismo tipo de carga se encuentran? ¿Y qué ocurre cuando dos átomos con cargas diferentes se encuentran?

Como lo viste en La Materia y sus Interacciones, un átomo con carga positiva es aquel que ha perdido electrones y se convierte en catión, por el contrario, un átomo con carga negativa es aquel que ha ganado electrones, convirtiéndose en anión. Finalmente, una carga neutra se da cuando el número de protones y electrones es el mismo.

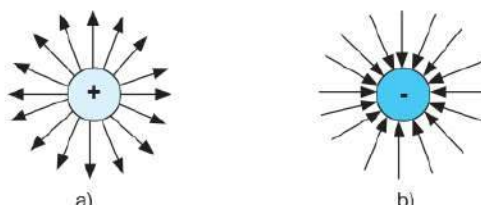


Figura 6.3 Líneas de campo eléctrico en torno a una partícula con carga positiva (a) y negativa (b).

Por consiguiente, la carga eléctrica del electrón (o protón) representa la cantidad mínima de carga, imposible de dividir. Esta se denomina carga eléctrica elemental, cuya magnitud es cuantizada y equivale a  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Una vez combinados, el sodio y el cloro forman un compuesto iónico cuyas características y propiedades son muy diferentes a las de los elementos individuales. Una molécula de cloruro de sodio está formada por un átomo de sodio y un átomo de cloro. Individualmente, el sodio es un elemento metálico que reacciona rápidamente y de manera violenta al contacto con el agua. Por otro lado, el cloro es un elemento no metálico, gaseoso y tóxico. ¿Cómo se formó esta estructura estable? ¿Qué hace posible que se mantenga su integridad?

## Formación de enlaces químicos

La estructura estable del cloruro de sodio se debe a la formación de un enlace químico. Esta molécula se forma por la combinación de un átomo de sodio y un átomo de cloro. El cloro, al ser un elemento muy electronegativo con alta afinidad electrónica, busca alcanzar la estabilidad electrónica completando su último nivel de energía, conforme a la regla del octeto.



Figura 6.4 Estructura del Lewis para NaCl

El sodio, al ser un elemento metálico con un solo electrón en su último nivel de energía, puede donarlo fácilmente, resultando en una carga positiva. Por su parte, el cloro adquiere una carga negativa al completar su último nivel de energía.

Al darse la atracción entre los átomos y mientras no se den fuerzas externas la molécula mantiene su integridad. Gracias a las fuerzas de origen electromagnético.

Las cargas eléctricas de los átomos son fundamentales para explicar la formación de enlaces químicos. Al unirse, los átomos adquieren una mayor estabilidad en comparación con su estado separado. Cuando los átomos se unen, transfieren, aceptan o comparten electrones, lo que permite la formación de sustancias iónicas, metálicas o moleculares. En conclusión, un enlace químico es una fuerza de atracción intramolecular que resulta en la unión de átomos y la formación de moléculas.

## Enlace iónico

El ejemplo del cloruro de sodio se debe a la combinación de un metal con un no metal, este tipo de enlace es iónico. Se debe a la transferencia de electrones, un elemento muy electropositivo (metales) cede electrones a otro elemento muy electronegativo (no metales), convirtiendo a ambos en iones positivos (cationes), iones negativos (aniones) respectivamente. En los compuestos iónicos, los iones positivos y negativos se organizan en estructuras cristalinas tridimensionales, cada ion se encuentra rodeado por iones opuestos, formando enlaces iónicos.

## Fuerzas de atracción y repulsión en compuestos iónicos

Las fuerzas electrostáticas en un compuesto iónico incluyen tanto atracción como repulsión. La fuerza de atracción entre iones con cargas opuestas es mayor que la fuerza de repulsión entre iones con la misma carga. Los iones con cargas opuestas se atraen, mientras que los iones con la misma carga se repelen. Estas fuerzas de atracción y repulsión se equilibran. El enlace iónico lo podemos definir como la unión de iones de signo eléctrico contrario mediante fuerzas electrostáticas. Regido por la ley de Coulomb.

## Ley de Coulomb

La ley de Coulomb y las fuerzas electrostáticas describen la fuerza de atracción entre partículas cargadas (cargas eléctricas en reposo). Esta ley es crucial para comprender el comportamiento de los compuestos iónicos, que están formados por iones de cargas opuestas. Nos permite comprender la estructura de la materia y sus interacciones, son cruciales en la escala atómica y subatómica, donde determinan la estabilidad de átomos y moléculas. Una de las principales aplicaciones de la ley de Coulomb es determinar la fuerza eléctrica entre un núcleo y un electrón en un átomo o molécula.

La ley de Coulomb explica las interacciones electromagnéticas entre las partículas cargadas con cargas negativas y positivas, donde las cargas similares se repelen y las cargas opuestas se atraen. En química, se aplica a la carga electrostática de los enlaces iónicos.

Las Fuerzas de Coulomb son las fuerzas de atracción o repulsión entre iones debidas a su carga.

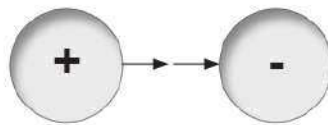


Figura 6.5 Representación de la interacción de dos partículas con carga opuesta.

La ley de Coulomb establece que la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

La ley de Coulomb se expresa  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

Donde

- $q_1$  y  $q_2$  son las magnitudes de las cargas (catión y anión) que tienen las partículas.
- $r$  es la distancia de separación entre dos objetos (unidades de longitud).
- $k$  = coeficiente de proporcionalidad ( $k = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ).
- $F$  = la magnitud de la fuerza (describe la interacción entre dos objetos).

En términos generales, la ecuación de Coulomb nos proporciona información sobre los enlaces iónicos y las partículas. Describe la relación proporcional entre las cargas y la fuerza del enlace iónico, así como la relación inversamente proporcional entre la distancia entre los iones y la fuerza del enlace iónico. Además, explica la fuerza eléctrica de interacción entre el núcleo y los electrones en un átomo.

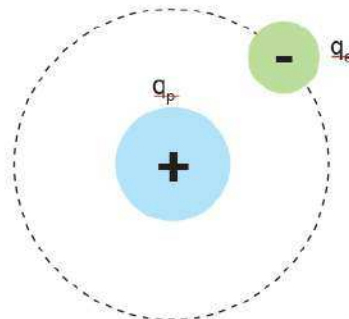


Figura 6.6 Representación de un átomo de hidrógeno.

Observa el siguiente ejemplo

Supóngase que el radio de la órbita del electrón en torno al núcleo en un átomo de hidrógeno es de  $5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$  aproximadamente. ¿Cuál es la fuerza electrostática de atracción?

Como sabemos desde el punto de vista químico el átomo de Hidrógeno tiene un número atómico de  $Z = 1$  y como sabes el  $Z = p^+ = e^-$ , por lo tanto, utilizaremos la carga de un protón y un electrón como  $q_1$  y  $q_2$  respectivamente

Tabla 6.1 Planteamiento del problema.

Fórmula	Datos	Sustituyendo
$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$	$r = 5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$ $k = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ $q_1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ $q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$F = (9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2) \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) ((1.6 \times 10^{-19} \text{ C}))}{(5.2 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$
	Resultado: $8.52 \times 10^{-08} \text{ N}$	

## Aplicaciones de la ley de Coulomb en compuestos iónicos

La fuerza electrostática es crucial para la estructura y propiedades de la materia. Como hemos explicado, la formación e integridad de átomos y moléculas se debe a las fuerzas de atracción y repulsión de origen electromagnético. Estas fuerzas también influyen en las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

La ley de Coulomb se aplica a los compuestos iónicos, ya que estos están formados por iones con cargas opuestas. Los iones positivos y negativos se atraen entre sí debido a la fuerza electrostática. La atracción entre iones con cargas opuestas, según la ley de Coulomb, determina la estructura cristalina de los compuestos iónicos. Esta ley también explica los puntos de fusión y ebullición de estos compuestos.

La ley de Coulomb influye en la estructura de los compuestos iónicos al determinar la disposición de los iones en la red cristalina. La fuerza de atracción entre iones con cargas opuestas dicta la distancia de equilibrio entre ellos. Por ello, la estructura cristalina de un compuesto iónico depende de estas fuerzas de atracción y determina el número de iones que rodean a un ion central en la red cristalina.

Esta ley nos permite comprender las propiedades de los compuestos iónicos, explicando su alto punto de ebullición, solubilidad en agua y conductividad.

- Los compuestos iónicos tienen altos puntos de fusión debido a las fuertes fuerzas electrostáticas entre los iones.
- Los compuestos iónicos se disuelven en agua porque las moléculas de agua pueden rodear y separar a los iones.
- Los compuestos iónicos conducen electricidad cuando se funden o se disuelven porque los iones pueden moverse libremente.

Hablando del radio atómico, sabemos que este aumenta de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo en la tabla periódica, esto sucede cuando los átomos son estables o de carga neutra. Sin embargo, una vez que el átomo pierde o gana electrones y se convierte en un ion, dicho radio se ve alterado. Cuando un átomo pierde electrones, su radio iónico disminuye en comparación con su radio atómico original. Por otro lado, si gana electrones, su radio iónico aumenta. Por ejemplo:

Se observa que el radio iónico de un ion positivo es más pequeño que el radio atómico del elemento, mientras que el radio iónico de un ion negativo es más grande que el radio atómico del elemento. Cuando el sodio pierde un electrón de valencia, se convierte en un ion positivo ( $\text{Na}^+$ ). Este electrón perdido proviene del último nivel de energía, lo que significa que los electrones restantes están ahora más cerca del núcleo.

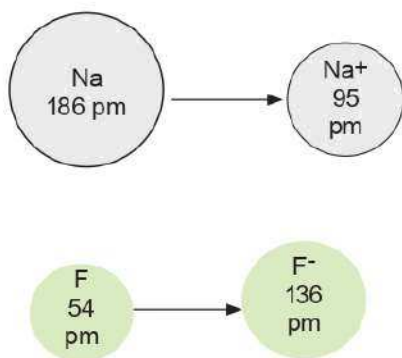


Figura 6.7 Comparación de radio atómico contra radio iónico (catión/anión)

Debido a esta proximidad, la fuerza de atracción entre el núcleo y los electrones más externos aumenta, lo que hace que el ion sea más estable. Este fenómeno es fundamental en la formación de enlaces iónicos, donde los átomos tienden a perder o ganar electrones para alcanzar una configuración electrónica más estable.

En ese sentido, y de acuerdo con la ley de Coulomb, cuando el radio es mayor, la fuerza eléctrica resultante es menor. Por el contrario, cuando el radio es menor, la fuerza eléctrica es mayor. Las propiedades de los compuestos iónicos se deben a la naturaleza electrostática del enlace entre los iones y a su estructura geométrica.

Por ejemplo, en el cloruro de sodio la fuerza electrostática se puede determinar con las cargas relativas  $q_1=1^+$  ( $\text{Na}^+$ ) y  $q_2=1^-$  ( $\text{Cl}^-$ ) y la suma de los radios atómicos para emplear la ley de Coulomb. Los puntos de fusión del NaF y del NaCl son  $993^\circ\text{C}$  y  $801^\circ\text{C}$ , respectivamente. ¿Cómo se explican estas diferencias? Empecemos con las cargas netas que son  $q_1=1^+$  ( $\text{Na}^+$ ) y  $q_2=1^-$  ( $\text{Cl}^-$ ) vs  $q_1=1^+$  ( $\text{Na}^+$ ) y  $q_2=1^-$  ( $\text{F}^-$ ). A simple vista, estas cargas son iguales. Sin embargo, la diferencia radica en los tamaños de los radios atómicos. El flúor tiene un radio atómico menor que el cloro, lo que significa que la fuerza electrostática entre el núcleo y los niveles de energía es mayor en el NaF. Por lo tanto, se requiere más energía para alcanzar el punto de fusión del NaF.

En resumen, la ley de Coulomb es crucial para comprender el comportamiento de los compuestos iónicos. Esta ley explica la estructura de los compuestos iónicos, así como sus propiedades físicas y su comportamiento en solución.

## Transformación de la materia a nivel atómico

Las reacciones químicas implican la ruptura y formación de enlaces entre átomos, lo que conlleva a transformaciones de la materia a nivel atómico. Estas transformaciones están gobernadas por las fuerzas electrostáticas. La carga eléctrica de los átomos es crucial para explicar cómo se forman los enlaces químicos, ya que, al unirse, los átomos adquieren una mayor estabilidad que cuando están separados. Cuando los átomos se unen, transfieren, aceptan o comparten electrones, permitiendo la formación de sustancias iónicas, metálicas o moleculares.

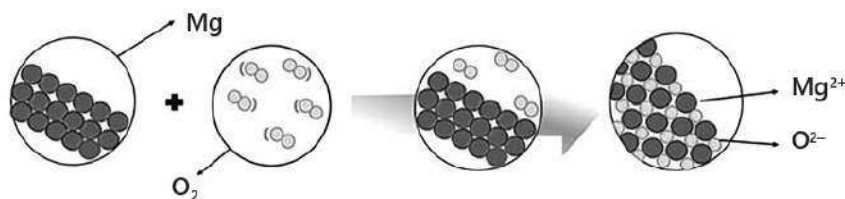
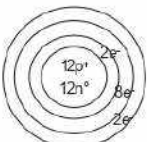
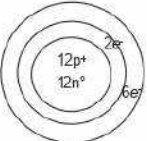


Figura 6.8 Combustión de óxido de magnesio, conocida como cal viva



A continuación, se presenta un ejemplo de una transformación que ocurre en una reacción química. Una de las características de esta transformación es que los reactivos se reagrupan para formar un solo producto. Este tipo de reacción ocurre cuando dos o más sustancias (elementos o compuestos) se combinan para formar un solo producto con propiedades diferentes. Este tipo de reacciones incluye la formación de funciones químicas como óxidos, hidróxidos, ácidos, sales haloideas e hidruros.

Tabla 6.2 Complete la siguiente tabla, investigando en fuentes confiables la información que falta sobre los siguientes compuestos de uso cotidiano (óxido de magnesio, óxido de calcio, óxido de aluminio, óxido de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de níquel, hidróxido de calcio).

Estructura atómica	Propiedades físicas	Estado de agregación	Deduce: la Reacción química	Sustentar Ley de Coulomb	Aplicaciones
<p>Mg Z = 12 A = 24</p>  <p>Figura 6.9 Modelo de Bohr para el átomo de magnesio</p>	<p>Pf = 2800 °C Baja conductividad Cristal blanco.</p>	Sólido	$2 \text{ Mg (s)}$ $+ \text{ O}_2 \text{ (g)}$ $\rightarrow 2 \text{ MgO (s)}$	Las fuerzas electrostáticas son fuertes, lo cual se traduce en su elevado punto de fusión.	Se utiliza para producir la flama brillante de la luz de bengala y algunos fuegos artificiales.
<p>O Z = 8 A = 16</p>  <p>Figura 6.10 Modelo de Bohr para el átomo de oxígeno</p>					

¿Las uniones, fuerzas de contacto y enlaces nos ayudarían a saber cómo un material va a reaccionar?  
¿Podríamos predecir las reacciones?

El hecho de que los átomos se conserven, aunado al conocimiento de las propiedades químicas de los elementos involucrados, puede usarse para describir y predecir reacciones químicas.



## Progresión de aprendizaje 7

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.

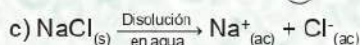
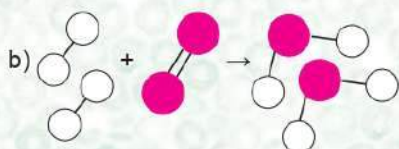
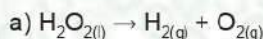
Como aprendió en la progresión de aprendizaje 1, las **reacciones químicas** implican una transformación en la que los átomos que forman los **reactivos** se reorganizan para crear nuevas sustancias llamadas **productos**. Aunque las sustancias cambian, los átomos que participan en la reacción se mantienen en la misma cantidad.

En esta progresión, aprenderá que el cambio fundamental que ocurre en las reacciones químicas es el **reordenamiento de los átomos**, lo que resulta en la formación de nuevas sustancias, a partir de diferentes tipos de reacciones características. Este reordenamiento implica tanto la **ruptura** como la **formación de enlaces químicos**, sin que haya pérdida de átomos en el proceso y por tanto las masas y los volúmenes de las sustancias existentes antes de la reacción permanezcan constantes en las sustancias producidas a través de la reacción química.

### Actividad 7.1

Reactivo sus conocimientos previos.

1. ¿Cuál o cuáles de los siguientes ejemplos representa una reacción química? \_\_\_\_\_



2. ¿Cuál o cuáles de los ejemplos anteriores corresponde al nivel simbólico y cuál o cuáles al nivel nanoscópico de representación de la química? \_\_\_\_\_
3. Observe la reacción y complete la información.



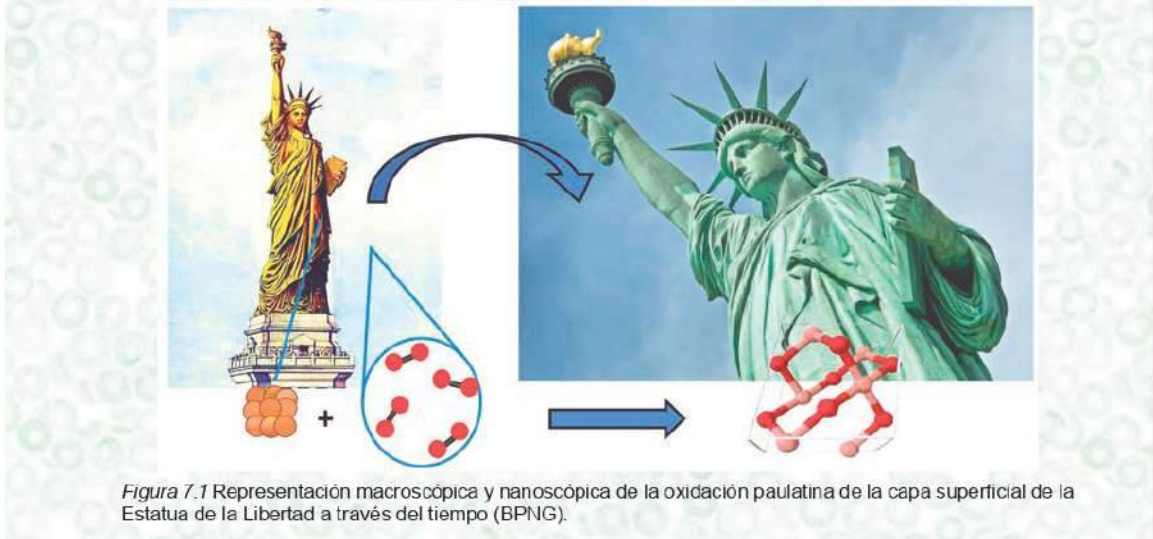
- a) Las fórmulas de los reactivos son \_\_\_\_\_ y la de los productos son \_\_\_\_\_
- b) El estado de agregación de los reactivos es, respectivamente: \_\_\_\_\_
- c) Los estados de agregación de los productos, respectivamente son \_\_\_\_\_
- d) ¿La reacción requiere calor para llevarse a cabo? \_\_\_\_\_ entonces diría que es: \_\_\_\_\_
- e) ¿La reacción es reversible o irreversible? \_\_\_\_\_ ¿cómo lo sabe? \_\_\_\_\_
4. Un tipo de cambio en el que se forman nuevas sustancias se denomina: \_\_\_\_\_
5. El enunciado de la ley de la conservación de la materia establece que: \_\_\_\_\_
6. Observe de nuevo la reacción 1 de esta actividad 7.1. ¿Diría que representa correctamente la ley de conservación de la materia? Argumente su respuesta \_\_\_\_\_
7. ¿Qué procedimiento químico matemático debería realizar para que la reacción cumpla con dicha ley? \_\_\_\_\_
8. ¿Cuáles son los coeficientes estequiométricos que cada sustancia participante en la pregunta 1 que debe tener para convertir a la reacción en una ecuación química (reacción balanceada) \_\_\_\_\_

## 7.1. Reordenamiento de átomos en reacciones

Cuando ocurre una reacción química, los átomos que componen las sustancias no desaparecen ni se crean de nuevo. En lugar de eso, los átomos se reorganizan, formando nuevas sustancias con propiedades diferentes a las originales. Este principio conocido como la **Ley de Conservación de la Materia**, enunciado por primera vez por Mijaíl Lomonósov en 1748, establece que, en cualquier reacción química, el número de átomos de cada elemento permanece constante. Por eso, en una ecuación balanceada, la cantidad y átomos de cada elemento es la misma en ambos lados de la ecuación. Años después, **Antoine Lavoisier** realizando experimentos en sistemas cerrados, logró comprobar esta ley, y así, en 1785 postuló que, "En cualquier reacción química, realizada en un sistema aislado, la masa total en el sistema permanece constante, es decir, la masa consumida de los reactivos es igual a la masa de los productos obtenidos." Al estar redactada en términos de masa y no de átomos, a esta versión se le conoce como **Ley de Conservación de la Masa** o Ley Lomonósov-Lavoisier.

### Actividad 7.2

Observe detenidamente el esquema de la figura 7.1



Seguro en la figura 7.1 observó que los **átomos de cobre** de la superficie de la capa con la que se cubrió la Estatua de la Libertad cuando fue esculpida, han ido paulatinamente reaccionando con las moléculas de **oxígeno** del aire que la rodea. Como resultado de esa interacción química, la estatua inicialmente cobriza y brillante, hoy se halla cubierta de una capa superficial verde, formada del reordenamiento de ambos tipos de átomos dando como resultado un nuevo producto: **óxido de cobre II (CuO)**. Esto es una muestra más de que los átomos de un determinado elemento no se crean ni se destruyen al reaccionar con un elemento diferente, sino que se reordenan dando lugar a la formación de uno o varios compuestos nuevos.

### Actividad 7.3

Aplique sus conocimientos y explique lo sucedido.

1. Represente simbólicamente la reacción de oxidación de la capa superficial de cobre de la **Estatua de la Libertad**. No olvide incluir los estados de agregación y balancear la reacción química.

2. Explique cómo es posible que los átomos de cobre y de las moléculas de oxígeno se transformen en CuO.
  3. Macroscópicamente, ¿cómo nos damos cuenta de que ocurrió la reacción química de oxidación de cobre?
- 
- 

### 7.1.1 Cambio de enlaces químicos

En toda reacción química, los átomos deben romper sus enlaces en los reactivos y formar nuevos enlaces en los productos. Estos cambios en los enlaces no afectan el número total de átomos involucrados en la reacción, pero sí modifican la manera en que están organizados. Por ejemplo, en la reacción entre el hidrógeno (H<sub>2</sub>) y el oxígeno (O<sub>2</sub>) para formar agua (H<sub>2</sub>O), los enlaces covalentes sencillos entre los dos átomos de hidrógeno y los enlaces covalentes dobles entre oxígenos se rompen, y los átomos se reorganizan para formar moléculas de agua, formadas por átomos de hidrógeno, unidos cada uno al oxígeno mediante enlaces covalentes sencillos (figura 7.2)

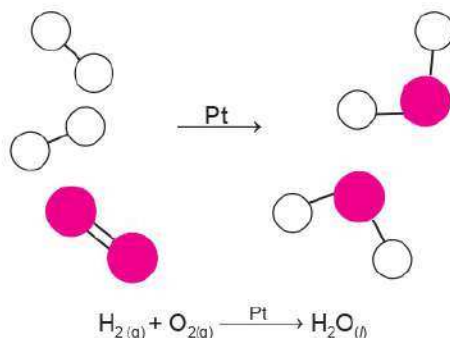


Figura 7.2 Representación nanoscópica y simbólica de la ruptura y formación de enlaces de moléculas gaseosas de hidrógeno y oxígeno para formar agua líquida

Como puede apreciarse, tanto en reactivos como en productos hay 4 átomos de hidrógeno y 2 de oxígeno, pero organizados de forma diferente en las moléculas de agua

### Actividad 7.4

Explique la reorganización de los átomos de los reactivos para formar los productos en términos de ruptura y formación de enlaces.

1. ¿Podría explicar lo que sucede entre los átomos de cobre de la capa superficial de la estatua y las moléculas de oxígeno del aire que la rodea?

Es necesario recordar que el cobre está formado por átomos de cobre organizados en un mar de electrones a partir del enlace metálico, y que las moléculas de oxígeno están formadas por átomos y por enlaces covalentes no polares dobles. De manera que, al interactuar entre sí, se rompen estos enlaces y se forman nuevos enlaces

2. ¿Qué cambios de enlace se llevan a cabo durante la reacción de aluminio (Al) con ácido clorhídrico (HCl) componente principal del ácido muriático, compuesto muy tóxico y corrosivo que se utiliza como quita sarro en los hogares:  $\text{Al}_{(s)} + \text{HCl}_{(ac)} \rightarrow \text{AlCl}_{3(ac)} + \text{H}_{2(g)} \uparrow$

Apóyese en la tabla 7.1 para organizar la información y completar la explicación de la formación de los productos:

Tabla 7.1 Ruptura y formación de enlaces químicos durante reacciones químicas.

Reacción química	Reactivos		Productos	
	Tipo de sustancia	Enlace roto	Tipo de sustancia	Enlace formado
Oxidación del cobre	Átomos del metal cobre (Cu)	Metálico por electrones en movimiento	Se forma óxido de cobre II (CuO) formada por la unión de un metal y un no metal	El nuevo enlace formado es _____
	Moléculas formadas por átomos del no metal oxígeno (O <sub>2</sub> )	Enlace covalente no polar (doble)		
Reacción entre aluminio y ácido clorhídrico				

## 7.1.2 Tipos de reacciones químicas de acuerdo a la forma de organización de los átomos

Si bien podemos realizar reacciones en el laboratorio, la mayoría de las reacciones químicas ocurren todos los días a nuestro alrededor. Algunas suceden de forma **espontánea**, como la oxidación del hierro en un clavo, un clip o una varilla. Otras, en cambio, requieren de un estímulo para iniciarse, como la combustión de papel, gas de cocina o alcohol. Algunas reacciones ocurren lentamente, como el proceso de oxidación que sufre la Estatua de la Libertad, mientras que otras son rápidas, como la combustión del gas al acercar un encendedor a un mechero de Bunsen en el laboratorio, o la estufa en la cocina de su casa.

Como recordara de la progresión de aprendizaje 1, además de los criterios de espontaneidad y rapidez, existen otros para clasificar las reacciones químicas, entre los que se incluye el efecto energético. Este criterio permite distinguir entre reacciones **exotérmicas**, que liberan energía al medio, y **endotérmicas**, que requieren energía, generalmente en forma de calor, para llevarse a cabo.

Sin embargo, en química resulta muy útil clasificar las reacciones según el tipo de sustancias involucradas y cómo se reorganizan sus átomos. Por ejemplo, la reacción entre las moléculas de hidrógeno y las de oxígeno de la figura 7.2 que representa la formación de agua, es un ejemplo de una **reacción de síntesis o de combinación directa**. Además de las reacciones de **síntesis**, existen las reacciones de **descomposición**, **desplazamiento simple** y **desplazamiento doble**. A través de la siguiente tabla 7.2 puedes comparar cómo se lleva a cabo la reorganización de los átomos en las diferentes clases de reacciones químicas.

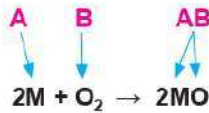
Tabla 7.2 Clases de reacciones químicas de acuerdo a la reorganización de los átomos involucrados

Clase de reacción química	Ecuación general	Ejemplo
a) Síntesis o Combinación directa	$A+B \rightarrow AB$	$4K + O_2 \rightarrow 2K_2O$
b) Descomposición	$AB \rightarrow A+B$	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$
c) Desplazamiento simple o Sustitución simple	$A+BC \rightarrow B+AC$	$2Li + 2H_2O \rightarrow 2LiOH + H_2$
d) Desplazamiento doble Sustitución doble	$AB+CD \rightarrow AD+BC$	$NaBr + AgF \rightarrow NaF + AgBr$
e) Óxido-reducción (REDOX)	No hay ecuación general	$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$

## A) Reacciones de síntesis o combinación directa

Una reacción de síntesis es aquella en la que **dos o más reactivos** se combinan directamente para formar **un solo producto**. Tal y como se muestra en la tabla 2, donde un reactivo A reacciona con un reactivo B, para generar un producto AB, o sea un compuesto resultante de la combinación de ambos reactivos

**Oxidación metálica:** Muchos de los compuestos que se forman continuamente en la naturaleza siguen un mecanismo de síntesis. Por ejemplo, en la progresión de aprendizaje 5, aprendiste que los metales reaccionan con el oxígeno del aire para producir **óxidos metálicos** (óxidos básicos). Así, las oxidaciones metálicas se clasifican como reacciones de **combinación directa** en las cuáles los átomos se reorganizan formando enlaces iónicos: "catión metálico( $M^+$ )-anión óxido ( $O^{2-}$ )".



### Actividad 7.5

Aplique lo aprendido en la progresión 5 y resuelva las siguientes cuestiones de síntesis

1. Revise la reacción de oxidación de la Estatua de la Libertad de la actividad y explique por qué se puede decir que se trata de una reacción de combinación directa (síntesis). \_\_\_\_\_
2. Completa las siguientes reacciones de formación de óxidos metálicos.

• $Mg + O_2 \rightarrow$	• $Na + O_2 \rightarrow$
• $Li + O_2 \rightarrow$	• $Fe + O_2 \rightarrow$ (usando $Fe^{+3}$ )
• $Al + O_2 \rightarrow$	• $Be + O_2 \rightarrow$

Nota. Si tiene dificultad para predecir el producto, puede ayudarse de la simulación "Enlace químico simple", tecleando el enlace: [https://javalab.org/en/chemical\\_bonding\\_en/](https://javalab.org/en/chemical_bonding_en/) o con el **QR 7.1**.

**QR 7.1**  
Enlace químico simple.

Fuente. [https://javalab.org/en/chemical\\_bonding\\_en/](https://javalab.org/en/chemical_bonding_en/)



3. Una vez completadas las reacciones, balancéelas por el método que gustes.

**Oxidación no metálica:** Así como ocurre la oxidación metálica, también los **no metales** reaccionan con el oxígeno para, por combinación directa, producir un óxido no metálico (óxido ácido o anhídrido). Esta reacción, en general, se puede representar.  $Nm + O_2 \rightarrow NmO$ . En este caso, al ser ambos no metales, los enlaces formados en el producto serán covalentes. La formación de agua explicada en la figura 7.2 es un ejemplo de reacción de síntesis:

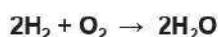


Figura 7.3 Ciudad de México la ciudad más contaminada de América Latina (meterored.com.ar, 2024)

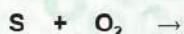
Este tipo de reacciones son importantes en ecología, pues problemas ambientales como la contaminación del aire y la lluvia ácida involucran reacciones de oxidación metálica por combinación directa. Como ejemplo tenemos que, las actividades humanas de nuestra época han llevado a que prácticamente todos los habitantes del planeta respiremos aire contaminado, constituyéndose en la mayor causa de muertes prematuras a nivel mundial

Según mediciones de IQAir, en 2024 la Ciudad de México (figura 7.3) se ha posicionado como una de las más contaminadas de Latinoamérica, y en el lugar 20 a nivel mundial (meterored.com ar, 2024) Uno de los principales **gases contaminantes en el aire** de la Ciudad de México, es el **dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**, un gas tóxico de olor acre y penetrante que irrita los ojos y la garganta y desencadena ataques de asma.

### Actividad 7.6

Aplica lo aprendido para formular o completar reacciones de oxidación no metálica.

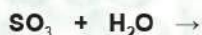
1. Formula la reacción de síntesis entre el monóxido de nitrógeno (**NO**), proveniente principalmente de los escapes de los carros y el oxígeno del aire (**O<sub>2</sub>**) para producir por combinación directa el gas contaminante dióxido de nitrógeno.
2. Otro contaminante, el dióxido de azufre se forma principalmente porque durante la combustión de combustibles sólidos para producir electricidad, se libera azufre (S) que reacciona con el oxígeno (O<sub>2</sub>) del aire:



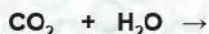
3. El producto resultante de la reacción anterior es liberado al medio ambiente donde reacciona con más oxígeno para producir trióxido de azufre, gas tóxico muy contaminante.



4. El problema de lluvia ácida de origen humano se genera cuando el trióxido de azufre se libera a la atmósfera y es arrastrado por el agua de lluvia. La interacción entre estos dos reactivos produce ácido sulfúrico, un ácido muy corrosivo que daña a ecosistemas acuáticos y terrestres:



5. La formación natural de lluvia ácida debida al bióxido de carbono del aire:



Nota: Recuerde ayudarse con la simulación "Enlace químico simple", tecleando el enlace [https://javalab.org/en/chemical\\_bonding\\_en/](https://javalab.org/en/chemical_bonding_en/) o con el QR 7.1

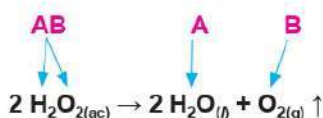
**Formación de sales haloideas.** Otro ejemplo de reacciones de síntesis, es la formación de sales haloideas, también llamadas haluros. Estas sales se pueden formar por combinación directa de un metal catión) y un no metal de los grupos más electronegativos (**VA, VIA y VIIA**) Así, el Cloruro de sodio, componente principal de la sal de mesa, se forma por la combinación directa de sodio metálico (**Na**) y el gas tóxico (**Cl<sub>2</sub>**) mediante la formación de enlace iónico:





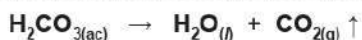
## B) Reacciones de Descomposición

¿Alguna vez se ha fijado que algunas sustancias se almacenan en envases café muy oscuros? ¿A qué crees que se deba esto? Al menos dos sustancias de este tipo casi siempre están presentes en nuestros hogares: la esencia de vainilla, muy usada en la cocina para saborizar postres, atoles y helados, y el peróxido de hidrógeno, mejor conocido como agua oxigenada, que suele usarse para desinfectar heridas y raspaduras pequeñas. La razón para ello es que necesitan ser protegidas de la energía de la luz, de otra forma se irían descomponiendo. La esencia perdería su olor y sabor característicos. Mientras que el peróxido de hidrógeno, perdería su poder desinfectante al descomponerse en agua y oxígeno, según la siguiente reacción:



Como puede deducir, si compara la reacción anterior con las ecuaciones generales de la tabla 7.2, se trata de una reacción de descomposición. En este tipo de reacciones un reactivo (**AB**) se descompone en 2 o más productos (**A y B**). La energía necesaria para que estas reacciones ocurran puede ser luminosa, térmica, mecánica, química o eléctrica. Esto hace que muchas de ellas reciban nombres específicos según la fuente de energía que las impulsa. **foto**lisis (luz), **term**ólisis (calor), **hidro**lisis (agua) o **elec**trólisis (electricidad).

Seguramente ha experimentado la sensación chispeante de las burbujas de una bebida gaseosa. ¿Se ha preguntado por qué ocurre esto? La respuesta es: ¡Una reacción de descomposición! El ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) disuelto bajo presión en la bebida, tiende a descomponerse en agua y dióxido de carbono gaseoso ( $\text{CO}_2$ ) cuando se abre la botella, despresurizando el contenido. El gas liberado forma las burbujas que suben a la superficie. La ecuación para esta reacción es:



### Actividad 7.7

Aplice lo aprendido para formular o completar reacciones de descomposición.

1. ¿Qué es una reacción de descomposición? ¿y cuál su ecuación general? \_\_\_\_\_
2. ¿Cuáles de las siguientes reacciones es una reacción de descomposición? \_\_\_\_\_
  - a)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
  - b)  $2 \text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$
  - c)  $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
  - d)  $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$
3. ¿Cuáles serán los productos de la descomposición del ácido clorhídrico (HCl)? Representalo con la ecuación correspondiente: \_\_\_\_\_
4. ¿Cuáles son los productos faltantes en las siguientes ecuaciones balanceadas de descomposición?
  - a)  $2\text{HgO} \rightarrow 2\text{Hg} + \text{_____}$
  - b)  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{_____} + 3\text{O}_2$
  - c)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{_____} + \text{CO}_2$
5. Investigue cómo ocurre la electrólisis del agua. Luego, reúnase con su equipo de laboratorio para diseñar un procedimiento que pueda implementarse como **proyecto de prototipo didáctico**.

## C) Reacciones de Desplazamiento (Sustitución)

### ¿Qué cree que puede ocasionar un reemplazo en un puesto de trabajo?

En química, elementos más activos químicamente sustituyen a elementos menos reactivos presentes en los compuestos. Las reacciones químicas en las que suceden estos reemplazos se denominan **reacciones de desplazamiento**. Este tipo de reacciones involucra iones y compuestos iónicos

Como recordarán, los compuestos iónicos están formados por cationes metálicos y aniones de elementos no metálicos, que se mantienen unidos por atracción electrostática. Así, los cationes metálicos en los compuestos pueden ser sustituidos por otros cationes más reactivos. También pueden ocurrir reacciones de desplazamiento en compuestos covalentes, donde un no metal, menos activo, puede ser reemplazado por otro no metal más activo. Existen dos tipos de reacciones de desplazamiento o sustitución: **simples** y **dobles**.

### Actividad 7.8

Observe la tabla 7.2 y explique qué diferencia hay entre una reacción de desplazamiento o sustitución simple y una doble. \_\_\_\_\_

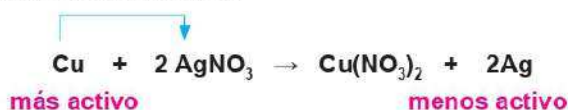
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Reacciones de desplazamiento simple:** En este tipo de reacciones una sustancia elemental pura reemplaza a otro elemento dentro de un compuesto, y su ecuación general es:  $A + BC \rightarrow B + AC$  (tabla 7.2) En esta ecuación, A representa a una sustancia elemental más reactiva y, BC representa a un compuesto. Durante la reacción, el reactivo A, sustituye a B, formando como productos, el compuesto AC y el elemento menos reactivo B, desplazado en forma pura

Las propiedades periódicas que ayudan a predecir si ocurrirá o no una reacción de desplazamiento. A partir de éstas y la experimentación se ha desarrollado la serie de reactividad de metales y el hidrógeno (figura 7.4) En el caso de la reactividad de no metales, cuanto más **electronegativo** es un elemento, más **reactivo** es (figura 7.5)

Un ejemplo de reacción de desplazamiento simple con aplicación tecnológica es la extracción de metales de las sales. Por ejemplo, si quisiéramos extraer plata (**Ag**) del nitrato de plata (**AgNO<sub>3</sub>**), en la serie de reactividad de metales (figura 7.4) vemos que podemos hacer reaccionar este compuesto con Cobre (**Cu**) que, siendo más reactivo, sustituirá a la plata dejándola libre. La ecuación de esta reacción de desplazamiento simple sería:



Algunos metales son tan reactivos que pueden reemplazar el hidrógeno del agua (figura 7.4) El producto de esas reacciones es un

Reactividad de no metales

B	C	N	O	F	
	Si	P	S	Cl	
		As	SE	Br	
			Te	I	
				At	

Figura 7.4 Reactividad de no metales (BPNG, Microsoft Office)

MÁS reactivo ↑

Li (Litio)
K (Potasio)
Ba (Bario)
Ca (Calcio)
Mg (Magnesio)
Al (Aluminio)
Mn (Manganeso)
Zn (Zinc)
Co (Cobalto)
Ni (Níquel)
Sn (Estaño)
H (Hidrógeno)
Cobre (Cu)
Plata (Ag)
Hg (Mercurio)
Pt (Platino)
Au (Oro)

↓ MENOS reactivo

Figura 7.5 Serie de actividad de metales (BPNG, Microsoft office).



**QR 7.2** Reacción del sodio (Na) con agua para producir hidróxido de sodio acuoso e hidrógeno gaseoso (H<sub>2</sub>) y su ecuación química. Fuente: <https://me-qr.com/nud37119>

hidróxido e hidrógeno gaseoso. Los metales del grupo IA tienen esa propiedad. En el código QR 7.2 puedes ver la violenta reacción del sodio (Na) con agua para producir hidróxido de sodio acuoso e hidrógeno gaseoso (H<sub>2</sub>) y su ecuación química.

Escríbela aquí: \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

En el caso de los no metales, debemos recordar que tienen la tendencia a ganar electrones para convertirse en aniones, por ello, reemplazarán a otro anión, siempre y cuando sea más reactivo que el existente en el compuesto. Así, si interpreta la información de la figura 7.5, verá que al ser el Cl más reactivo que el Br, puede sustituirlo en un compuesto, pero no puede sustituir al F:



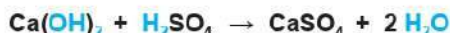
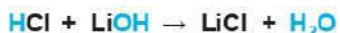
**Reacciones de desplazamiento doble** Este tipo de reacciones ocurren cuando dos compuestos iónicos intercambian sus iones, con lo que se producen dos compuestos iónicos nuevos. Debido a este comportamiento también se les llama reacciones de intercambio o doble sustitución. Su ecuación general es: **AB + CD → AD + CB**

Como puedes observar **AB** y **CD** los reactivos se transforman en los productos **AD** y **CB** debido a que durante la reacción los aniones B y C intercambian lugares. De acuerdo a lo aprendido ¿consideras que los compuestos producidos podrían ser DA y BC? \_\_\_\_\_

La respuesta es no, no sería posible, ya que como recordarás en una fórmula química el catión metálico siempre se escribe primero y el anión no metálico a su derecha. Por lo tanto, A y C siempre se escribirán primero, seguidos por D o B, según corresponda al intercambio que se dé. Ejemplos:



También las reacciones de neutralización, que aprendiste en la progresión de aprendizaje 1, son de desplazamiento doble. En ellas los reactivos son un ácido y una base que al intercambiar iones se producen un nuevo compuesto iónico (sal) y agua, ambas sustancias neutras. Ejemplos de ello.



### Actividad 7.9

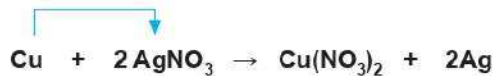
Ponga a prueba su aprendizaje resolviendo los siguientes ejercicios.

- ¿Cuál de las siguientes reacciones no es de desplazamiento? \_\_\_\_\_
  - $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$
  - $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$
  - $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
  - $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$
- Utiliza la serie electromotriz de metales y la reactividad de no metales (figuras 7.4 y 7.5) para predecir si habrá reacción o no, y de haberla, escribir los productos.
  - $\text{Au} + \text{CaCO}_3 \rightarrow$
  - $\text{Mg} + \text{FeO} \rightarrow$
  - $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - $\text{F}_2 + \text{HI} \rightarrow$
  - $\text{CaS} + \text{Se} \rightarrow$
  - $\text{Li} + \text{KNO}_3 \rightarrow$
- Entre los reactivos NaCl y AgF ocurre una reacción de doble desplazamiento, ¿cuáles son los productos de la reacción? \_\_\_\_\_
- Cuando se agrega disolución de Ca(OH)<sub>2</sub> (Hidróxido de Calcio) a Zn (Zinc metálico), se observa que se libera un gas incoloro, ¿cuál es ese gas? \_\_\_\_\_
- ¿Qué productos se obtendrán si se hace reaccionar potasio (K) con agua (H<sub>2</sub>O)? \_\_\_\_\_
- El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) reacciona con el sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) para producir un precipitado negro de sulfuro de cobre (CuS) y ácido sulfúrico en disolución acuosa. Conteste, ¿qué tipo de reacción es? Y luego escriba la reacción balanceada: \_\_\_\_\_

## 7.2. Estequiometría

Hasta este momento, hemos aprendido que durante las reacciones químicas los átomos de los reactivos se reorganizan y dan origen a sustancias nuevas, pero que el número de átomos de cada elemento se conserva. También aprendimos que la reorganización de los átomos se explica a través de diferentes reacciones que permiten predecir los productos y balancearlas para que se cumpla con la Ley de la Conservación de la Materia. Las ecuaciones resultantes dan información no sólo del tipo de sustancias participantes, sino también de las cantidades de cada una expresadas en mol. Si bien el mol es la unidad que expresa la cantidad de sustancia, para fines prácticos en la industria y en situaciones de laboratorio, se requiere contar con las cantidades expresadas en unidades de masa (gramos) o en unidades de volumen (litros), cuando se trata de gases. Para comprender mejor esto consideremos la siguiente situación:

Está en el laboratorio y le piden utilizar la siguiente reacción de para obtener plata pura (Ag):



**Pero, ¿cómo interpretar esta reacción? ¿Cómo saber cuánta masa usar de cada reactivo? ¿Cuánta plata se obtendrá? Pregunta a su maestra y le responde: Por medio de la estequiometría.**

La **estequiometría** es el área de la química que estudia las relaciones cuantitativas entre reactivos y productos en una reacción química (ecuación). La palabra estequiometría proviene del griego *Stoikheion*, que significa «elemento», y de *metron* que significa «medir». Esta área de la química cuantitativa se basa en la Ley de Conservación de la masa (Lomonósov-Lavoisier) que establece que, en una reacción química, la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos. Las unidades fundamentales que se utilizan para establecer relaciones cuantitativas y realizar cálculos son: Mol, masa molar y volumen molar.

Mol (n) es la unidad de medida para la cantidad de sustancia de una fórmula química. Es decir, 1 mol contiene exactamente  $6\,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entidades elementales (átomos, moléculas, iones, electrones, etc.) en su fórmula química. Ejemplos:

- 1 mol de agua contiene  $6.022\,140\,76 \times 10^{23}$  moléculas de agua
- 1 mol de plata contiene  $6.022\,140\,76 \times 10^{23}$  de átomos de plata

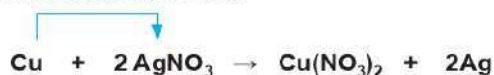
**Masa molar.** Es la masa en gramos de exactamente un mol de una sustancia expresada en gramos. Como un mol corresponde a su fórmula química, la masa molar de un elemento corresponde a la masa atómica promedio (tabla periódica) y se expresa en gramos, pero la de los compuestos y moléculas se calcula, sumando la masa atómica promedio de cada átomo en la fórmula. Ejemplos:

Sustancia	Agua	Plata
Fórmula	H <sub>2</sub> O	Ag
Masa de los componentes	H: 1.008 g x 2 = 2.016 g O: 16.000 g x 1 = 16.000 g	Ag: 107.87 g x 1 = 107.68 g
Masa de 1 mol	= 18.016 g/mol	= 107.86 g/mol

Así tenemos que:

- La masa de 1 mol de agua es 18.016 g, por lo tanto, su masa molar es 18.016 g/mol
- La masa de 1 mol de plata es 107.87 g, por lo tanto, su masa molar es 107.87 g/mol

Y que, cuando se tiene una reacción química balanceada, los coeficientes representan el número de mol de cada sustancia participante en una reacción:



Así, **la interpretación de esta ecuación** es: 1 mol de cobre reacciona con 2 mol de nitrato de plata, para producir 1 mol de nitrato de cobre y 2 mol de plata. Estas son las cantidades relativas más pequeñas de reactivos y productos que pueden ser expresadas de esta reacción química.

Sin embargo, para resolver las preguntas **¿qué cantidades de reactivo se deben utilizar experimentalmente?** o **¿cuánta plata se obtendrá?** es necesario hacer conversiones.

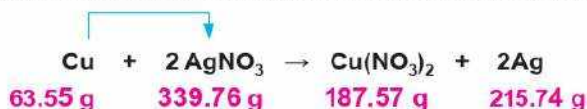
Para ello se requiere **calcular la masa molar** de cada sustancia participante

Cálculo de la masa molar de reactivos y productos de la reacción			
<b>Cu</b>	<b>AgNO<sub>3</sub></b>	<b>Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	<b>Ag</b>
1X 63.55 g	Ag: 1 x 107.87 g = 107.87 g	Cu: 1 x 63.55 g = 63.55 g	1X 107.87 g
= 63.55 g/mol	N: 1 x 14.01 g = 14.01 g	N: 2 x 14.01 g = 28.02 g	= 107.87 g/mol
	O: 3 x 16.00 g = 48.00 g	O: 6 x 16.00 g = 96.00 g	
	= 169.88 g/mol	= 187.57 g/mol	

Luego, se usa cada masa molar para convertir los **mol** de cada sustancia involucrada **a gramos** (g).

Cu	1 mol Cu x $\frac{63.546 \text{ g de Cu}}{1 \text{ mol Cu}}$ = 63.55 g de Cu
AgNO <sub>3</sub>	2 mol AgNO <sub>3</sub> x $\frac{169.88 \text{ g de AgNO}_3}{1 \text{ mol AgNO}_3}$ = 339.76 g de AgNO <sub>3</sub>
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1 mol Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> x $\frac{187.57 \text{ g de Cu(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2}$ = 187.57 g de Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Ag	2 mol Ag x $\frac{107.87 \text{ g de Ag}}{1 \text{ mol Ag}}$ = 215.74 g de Ag

Estos cálculos nos permiten contestar las preguntas iniciales y además experimentar con la reacción



Según la ecuación se requiere hacer reaccionar **63.55 g** de cobre con **339.76 g** de nitrato de plata para obtener **187.57 g** de nitrato de cobre II y **215.72 g** de plata pura

Finalmente, si sumamos la masa de los reactivos y la comparamos con la masa de los productos podemos demostrar que se cumple **la ley de la Conservación de la masa**, siempre y cuando, todo cálculo o experimento esté basado en una reacción balanceada (ecuación química):

Masa total de los reactivos	=	Masa total de los productos
63.55 g + 339.76 g = 403.31 g	=	187.57 g + 215.74 g = 403.31 g

Algo que se debe concluir a este momento es que en cualquier reacción química el número de átomos se conserva (permanece inalterado), pero con el número de mol no necesariamente será así.

### Actividad. 7.10

Aplice lo aprendido y resuelva correctamente lo que se le pide.

a) Analiza la interpretación de la ecuación química de obtención amoniaco.

<b>N<sub>2</sub></b>	<b>+</b>	<b>3 H<sub>2</sub></b>	<b>→</b>	<b>2 NH<sub>3</sub></b>
<i>Una</i> unidad fórmula de nitrógeno	Reacciona con	<i>tres</i> unidades fórmula de hidrógeno	Para producir	<i>Dos</i> unidades fórmula de amoniaco
<b>1 mol</b> de nitrógeno	Reacciona con	<b>3 mol</b> de hidrógeno	Para producir	<b>2 mol</b> de amoniaco

b) Analice e interprete la siguiente ecuación química de la reacción de combustión del etano.



c) Calcule las masas molares de reactivos y productos.

d) Demuestre con cálculos que se cumple la ley de la conservación de la masa.

### Relaciones estequiométricas entre reactivos y productos, y factores de conversión

En el análisis químico es común la necesidad de predecir cuánta sustancia de producto se formará a partir de una cantidad dada de reactivo, lo cual se resuelve a partir de las relaciones molares indicadas por la ecuación química.

**Relación molar.** Es una proporción que relaciona las cantidades en mol de 2 sustancias cualesquiera en una reacción química. Esta relación proviene de los coeficientes estequiométricos de la reacción balanceada. Si tomamos en cuenta la reacción entre el nitrógeno y el hidrógeno para producir amoníaco (inciso a, actividad 7.9), se pueden establecer las siguientes relaciones molares y factores de conversión.

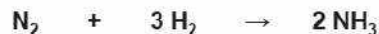
Relaciones molares	Factores de conversión
1 mol N <sub>2</sub> y 3 mol H <sub>2</sub> ; o 3 mol de H <sub>2</sub> y 1 mol N <sub>2</sub>	$\frac{1.0 \text{ mol N}_2}{3.0 \text{ mol H}_2}$ ; $\frac{3.0 \text{ mol H}_2}{1.0 \text{ mol N}_2}$
1 mol N <sub>2</sub> y 2 mol NH <sub>3</sub> ; o 2 mol NH <sub>3</sub> y 1 mol N <sub>2</sub>	$\frac{1.0 \text{ mol N}_2}{2.0 \text{ mol NH}_3}$ ; $\frac{2.0 \text{ mol NH}_3}{1.0 \text{ mol N}_2}$
3 mol H <sub>2</sub> y 2 mol NH <sub>3</sub> ; o 2 mol NH <sub>3</sub> y 3 mol H <sub>2</sub>	$\frac{3.0 \text{ mol H}_2}{2.0 \text{ mol NH}_3}$ ; $\frac{2.0 \text{ mol NH}_3}{3.0 \text{ mol H}_2}$

Así usando los coeficientes de una reacción balanceada, puede comparar las relaciones molares de dos sustancias en la reacción que le interesa, ya sean reactivos o productos, pero para ello, la reacción química DEBE estar siempre balanceada antes de realizar los cálculos.

#### a) Cálculos mol-mol (usando las relaciones molares y factores de conversión de la reacción)

Ejemplo: ¿Cuántos mol de amoníaco se producirán si 3.5 mol de hidrógeno reaccionan con un exceso de nitrógeno?

**Paso 1:** Escribe la ecuación de la reacción que se indica en el problema:



**Paso 2:** Enlista los datos de las cantidades conocidas y desconocidas (¿?) y plantea el problema:

Datos	Planteamiento de problema
H <sub>2</sub> = 3.5 mol NH <sub>3</sub> = ¿? mol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relación desconocida: <math>\text{mol H}_2 \rightarrow \text{¿mol? NH}_3</math></li> <li>El problema indica un exceso de nitrógeno por lo que solo se necesita tomar en cuenta la relación molar de H<sub>2</sub> con NH<sub>3</sub> y NO con el H<sub>2</sub></li> </ul>

**Paso 3:** Escoge el factor de conversión para la relación molar desconocida, conteniendo en el numerador la sustancia para la cual se debe encontrar la cantidad de mol:

Factor de conversión	Cálculos
$\frac{2.0 \text{ mol NH}_3}{3.0 \text{ mol H}_2}$	$3.5 \text{ mol H}_2 \times \frac{2.0 \text{ mol NH}_3}{3.0 \text{ mol H}_2} = 2.3 \text{ mol NH}_3$

#### Paso 4: Interpreta el resultado:

La reacción de 3.5 mol de hidrógeno con un exceso de nitrógeno produce 2.3 mol de amoníaco.

El resultado corresponde a la relación molar 3:2 de hidrógeno a amoníaco de la ecuación química.

**Otra manera práctica de resolverlo es escoger la relación molar apropiada indicada por la reacción y resolver por regla de 3 para la relación desconocida:**

Relación conocida:	$3.0 \text{ mol H}_2 \rightarrow 2.0 \text{ mol NH}_3$	$\frac{3.5 \text{ mol H}_2 \times 2.0 \text{ mol NH}_3}{3.0 \text{ mol H}_2} = 2.3 \text{ mol NH}_3$
Relación desconocida	$3.5 \text{ mol H}_2 \rightarrow \text{¿mol? NH}_3$	

En este punto, es importante enfatizar que, **la estequiometría es la base para predecir la cantidad de productos obtenidos a partir de cantidades conocidas de reactivos**

#### Actividad 7.11

Ahora aplique lo aprendido y explique.

La siguiente reacción representa la transformación de bióxido de carbono y agua en glucosa y oxígeno que sucede en los cloroplastos de las plantas durante el proceso de fotosíntesis:



1. Suponga que se desea conocer cuántos mol de glucosa se obtendrán si 10 mol de agua reaccionan en un ambiente con exceso de bióxido de carbono. Enlista los datos y plantea el problema.
2. De acuerdo al planteamiento del problema formula el factor de conversión y resuelve el problema.
3. Interpreta el resultado.

#### b) Cálculos masa-masa (masa molar)

Como se ejemplificó al inicio del tema, para cuestiones experimentales y tecnológicas prácticas es necesario determinar las cantidades de reactivos o productos en una reacción en unidades de masa (g, kg, etc.). Los cálculos masa-masa te permiten resolver las siguientes situaciones problemáticas.

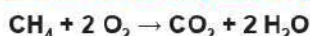
- Determinar la masa de reactivo necesario para obtener una cantidad dada de producto.
- Determinar la masa de producto que se obtendría utilizando una cantidad dada de reactivo.
- Determinar la masa de un reactivo necesario para reaccionar con un segundo reactivo.

Se debe tomar en cuenta que, debido a que se debe partir de coeficientes molares de la reacción balanceada, es necesario utilizar inicialmente factores de conversión en relación a la masa molar:

$$\text{Masa molar} \frac{1 \text{ mol}}{\text{masa fórmula}} = \frac{\text{masa fórmula}}{1.0 \text{ mol}}$$

Además, este tipo de problemas se resuelven usando las relaciones molares adecuadas y aplicando un análisis dimensional. Para entender mejor analicemos un ejemplo

**El diseño de un proceso requiere conocer ¿Cuántos g de bióxido de carbono se obtendrán de la combustión de 40.0 g de metano con un exceso de oxígeno, según la siguiente ecuación química?**



Para encontrar la solución

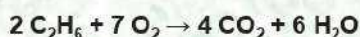
1. Identifica datos conocidos y desconocidos y calcula las masas molares de sustancias participantes
2. Plantea el problema usando la relación correcta
3. Resuelve usando los factores de conversión que te permitan cancelar las unidades que no se requieren y conservar las unidades que deseas calcular

Datos	Planteamiento de problema
$\text{CH}_4 = 40.0 \text{ g}$ $\text{CH}_4 = \text{¿? mol}$ $\text{CO}_2 = \text{¿? g}$ masa molar $\text{CH}_4 = \text{¿? g/mol}$ masa molar $\text{CO}_2 = \text{¿? g/mol}$  C: $1 \times 12.011 \text{ g} = 12.011 \text{ g}$ H: $4 \times 1.008 \text{ g} = 4.016 \text{ g}$ <b><math>1 \text{ mol CH}_4 = 16.027 \text{ g}</math></b>  C: $1 \times 12.011 \text{ g} = 12.011 \text{ g}$ O: $2 \times 16.000 \text{ g} = 32.010 \text{ g}$ <b><math>1 \text{ mol CO}_2 = 44.011 \text{ g}</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relación: <math>\text{g de CH}_4 \rightarrow \text{mol CH}_4 \rightarrow \text{mol CO}_2 \rightarrow \text{¿g de CO}_2?</math></li> <li>El problema indica un exceso de oxígeno por lo que solo se necesita tomar en cuenta la relación molar de <math>\text{CH}_4</math> con <math>\text{CO}_2</math>.</li> <li>Usar: <math>\frac{1 \text{ mol}}{\text{masa fórmula}} = \frac{\text{masa fórmula}}{1.0 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4}</math></li> </ul>
Conversiones y cálculos	
$40.0 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16.027 \text{ g CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{44.011 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 109.84 \text{ g CO}_2$	
Solución: Con la combustión de 40 g de metano se obtendrían 109.84 g de bióxido de carbono	

### Actividad 7.12

Aplica lo aprendido para resolver las siguientes cuestiones estequiométricas.

- ¿Qué se puede predecir con la ayuda de las relaciones molares?
  - Cantidad de producto formado a partir de una cantidad dada de reactivo.
  - Cantidad de reactivo formado a partir de una cantidad dada de reactivo.
  - Cantidad de reactivo necesario para producir una cantidad determinada de producto
  - a y c son correctas.
- Según la siguiente reacción el etano reacciona con oxígeno para producir bióxido de carbono.



¿Cuál es la relación molar en la relación molar entre el etano y el agua?

- 2:4
  - 2:6
  - 1:2
  - 1:3
  - b y d
- Dada la reacción de amoníaco con monóxido de nitrógeno para producir nitrógeno y agua, ¿cuántos mol de amoníaco se requieren para producir 1.215 mol de nitrógeno? Balancear antes.

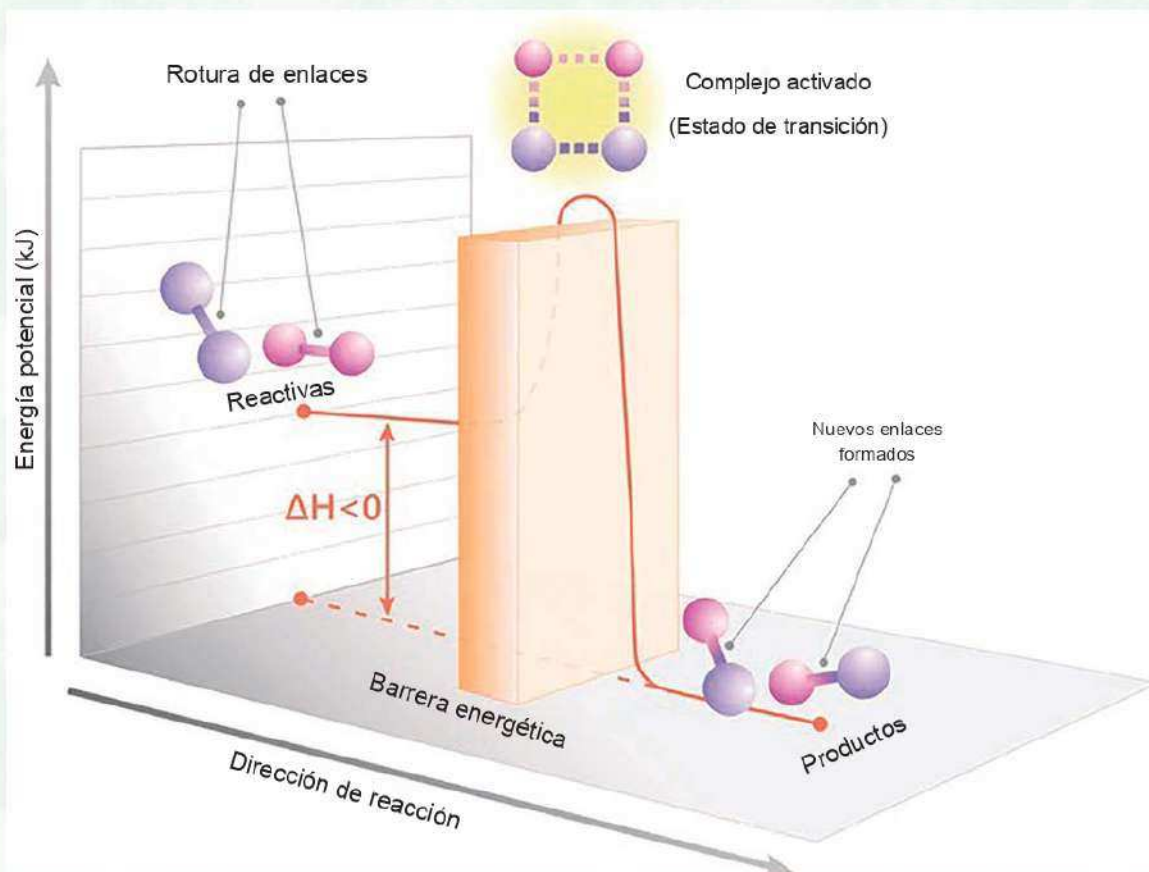


**Resultado:** \_\_\_\_\_ Haz el procedimiento y cálculos en la libreta.

- Según el National Park Service, se utilizaron 31,000 kg del cobre más puro para crear la piel de 2.38 mm de espesor que cubre a la estatua de la Libertad figura 7.1. Suponiendo que, hasta hoy el 0.1% de esta cubierta de cobre se ha convertido en óxido de cobre II, ¿la capa pesa más o menos? \_\_\_\_\_ ¿A qué se debe? \_\_\_\_\_ Calcule la masa de óxido de cobre II presente en la estatua y cuánto cobre II queda sin oxidar. Haga el procedimiento y los cálculos en la libreta.



Una molécula estable tiene menos energía que el mismo conjunto de átomos cuando están separados, se debe proporcionar al menos esta energía para romper los enlaces de la molécula.



## Progresión de aprendizaje 8

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
<b>CT7.</b> Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

Una molécula estable tiene menos energía que el mismo conjunto de átomos cuando están separados, se debe proporcionar al menos esta energía para romper los enlaces de la molécula.

## Introducción

En la progresión anterior, aprendió cómo la conservación de los átomos y la comprensión de las propiedades químicas de los elementos permiten describir y predecir las reacciones químicas. Además, aprendió que, durante estas reacciones, los átomos de los reactivos se reorganizan para formar nuevos productos con propiedades diferentes.

Ahora, en esta progresión, explorará y aprenderá sobre un aspecto fundamental de las reacciones. **la relación entre la energía y la estabilidad de las moléculas y los compuestos.** Aprenderá que la energía de enlace no sólo determina la estabilidad de las moléculas, sino que también influye en el comportamiento de las reacciones químicas. A través del estudio de la energía de enlace, podrás explicar por qué algunas reacciones suceden de forma espontánea mientras que otras necesitan forzosamente una cantidad significativa de energía para llevarse a cabo.

## Las reacciones químicas y la energía

### actividad 8.1

Lea detenidamente el siguiente relato.

[Lectura]

#### ► *El fósforo, la vela y la energía: de la chispa a la llama.*

Luisa está en casa, lista para hacer un experimento sencillo: encender una vela. Saca un fósforo, lo frota en la lija del costado de la caja y lo acerca a la mecha. Al hacerlo, la mecha comienza a quemarse y la cera se funde. Luisa aprendió en clase que este proceso es una reacción química llamada combustión, en la que un combustible (la mecha con cera) y un comburente (oxígeno) se transforman liberando energía calorífica y luminosa.

Al analizar la situación, Luisa se da cuenta de que tanto el fósforo como la mecha de la vela contienen **energía potencial** almacenada, pero no se encienden espontáneamente. Es la chispa producida al frotar el fósforo la que, al acercarla a la mecha, proporciona la **energía de activación** necesaria para iniciar la combustión. Luego recordó que en la progresión anterior aprendió que, durante esta reacción, los átomos de carbono e hidrógeno del combustible se combinan con el oxígeno del aire, reordenándose para formar dióxido de carbono, agua y luz. Así, el rompimiento y la formación de enlaces provoca la liberación de energía potencial acumulada en forma de energía cinética que produce calor y luz, creando una llama brillante.



Figura 8.1 Encendido de una vela usando un fósforo.

Mientras Luisa observa la llama danzante, siente una mezcla de emoción y curiosidad al darse cuenta de que encender una vela no sólo es una forma de iluminar su habitación. La llama, con su brillo y calor, representa la **transformación de materia y energía**. Este es un maravilloso ejemplo de cómo los átomos y la energía están presentes en su vida diaria. Decidida a aprender más, anota en su cuaderno sus observaciones y plantea nuevas preguntas sobre la energía y las reacciones.

*Autor: Bibiane Pierre Noel Gilles*

### Actividad 8.2.

Reflexione, explique y aprenda.

La siguiente es la lista de preguntas que Luisa planteó al observar el experimento de encender la vela. Reflexione sobre el relato y aplique sus conocimientos previos para ayudar a Luisa a responder las preguntas planteadas.

1. ¿Por qué, a pesar de tener energía potencial acumulada, el fósforo y la mecha no encienden por sí solos? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿De dónde proviene la energía que hace encender al fósforo? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Qué función desempeña la energía de activación en la reacción de combustión de la vela? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué sucede con los átomos de carbono e hidrógeno de la mecha durante la combustión? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. ¿Por qué una vez que la mecha se enciende, la combustión sigue ocurriendo sin necesidad de aplicar más energía externa? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. ¿Qué relación existe entre la estabilidad de una molécula y la cantidad de energía que se necesita para romper sus enlaces? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Al igual que en la reacción de combustión del fósforo o la vela en la experiencia de Luisa, todas las reacciones químicas, ya sea en sistemas vivos o inertes, están vinculadas a cambios de energía. En algunas de estas reacciones, los cambios energéticos ya sea un aumento o una disminución de la energía total del sistema son perceptibles, mientras que en otras no lo son. A veces, los cambios energéticos se manifiestan a través de variaciones en la temperatura. En otras ocasiones, se hacen evidentes cuando se emite luz durante la reacción o cuando la reacción sólo ocurre si los reactivos son expuestos a la luz.

### ¿Sabías que...

La **termoquímica** es la rama de la fisicoquímica que estudia y explica los cambios de energía, en forma de calor, que suceden durante las reacciones químicas. El término proviene del griego *thermos* que significa calor.

## Formación y ruptura de enlaces

Como ha aprendido ya, las moléculas y los compuestos están formados por átomos que se unen mediante **enlaces químicos**. La **estabilidad** de estas uniones está directamente relacionada con la **energía** involucrada en los procesos de formación y ruptura de estos enlaces. Una molécula o un compuesto estable tiene menos energía que el mismo conjunto de átomos cuando están separados. Para romper los enlaces que unen a los átomos de una sustancia, se debe proporcionar al menos una cantidad de energía equivalente a la energía de formación del enlace que los mantiene unidos.

Cuando los átomos se unen para formar moléculas, su energía potencial disminuye, lo que resulta en una mayor estabilidad. Esto ocurre porque la **atracción electrostática** entre los electrones de un átomo y el núcleo del otro átomo supera la repulsión entre los núcleos de los átomos involucrados en la unión. Por lo tanto, una **molécula estable** tiene **menos energía** que sus átomos individuales.

La **energía de enlace (D)**, también llamada energía de disociación se define como la cantidad de energía total promedio requerida para romper un mol de enlaces covalentes. Cada tipo de enlace tiene una energía de enlace específica, que puede ser medida y comparada. Por ejemplo, para el iónico se denomina energía de red ( $\Delta H_{red}$ )

En general, en los enlaces covalentes la energía de enlace aumenta a medida que aumenta el número de electrones compartidos. Así un **enlace triple**, tiene más energía que un **enlace doble** y éste a su vez tiene más energía que un **enlace simple** debido a que en el primero se comparten tres pares de electrones, en el segundo dos y en el tercero solo un par.

Para comprender mejor, analiza la información de la tabla 8.1 que muestra las energías de enlace doble entre los oxígenos en  $O_2$  y la del enlace simple de los hidrógenos en  $H_2$  y permite explicar por qué una molécula de  $O_2$  es más estable que una de  $H_2$ . Otro aspecto para considerar es la reactividad del elemento, así el sodio reacciona más rápidamente con agua, que el calcio.

Tabla 8.1 Energías de enlace promedio (kJ/mol) (Flowers, et al., 2019)

Enlace	H-H	O=O	C=O	O-O	N≡N	C-H	H-Cl	H-O	Cl-Cl
Energía promedio (kJ/mol)	436	498	142	799	946	415	432	464	243

## ¿Sabías que...?

El nitrógeno es tan estable que, a pesar de constituir el 78% del aire, cuando ingresa a nuestro cuerpo a través de la respiración, no reacciona con ninguna de las sustancias que nos componen. Al exhalar, se expulsa completamente inalterado. Debido a su tan baja reactividad (tabla 8.1), el nitrógeno gaseoso (en una pureza del 99.5%) se utiliza también para rellenar empaques de alimentos como galletas, lácteos, carnes y botanas fritas de maíz, harina o papa, evitando su descomposición al reemplazar el oxígeno y prevenir la rancidez oxidativa.

Por el contrario, el oxígeno, que representa el 21% del aire que inhalamos, es mucho más reactivo (tabla 8.1). En nuestro organismo, reacciona con la glucosa de los alimentos, produciendo dióxido de carbono y agua y liberando la energía almacenada en los enlaces de la glucosa. Mediante esta reacción los seres vivos obtenemos la energía necesaria para vivir. Debido a su alta capacidad oxidante, el oxígeno es eliminado de las bolsas de frituras y sustituido por nitrógeno para preservar su frescura.

En cuanto al hidrógeno (0.00005% del aire), tiene una energía de enlace más baja (tabla 8.1), lo que lo hace extremadamente reactivo. En concentraciones entre el 18% y 53%, puede ser explosivo, por lo que se utiliza como propulsor en cohetes espaciales. Además, se ha identificado como un combustible no fósil con un enorme potencial, ya que no genera gases de efecto invernadero.

## Energía de enlace en reacciones químicas

La **energía de enlace** ( $D$ ) es un concepto crucial para entender cómo se llevan a cabo las reacciones químicas. En cualquier reacción, los enlaces en los reactivos se rompen, lo que requiere energía, y nuevos enlaces se forman en los productos, liberando energía. La diferencia entre la energía necesaria para romper enlaces y la energía liberada al formar nuevos enlaces determina si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Como recordará de su curso de La materia y sus interacciones, la entalpía ( $H$ ) representa la suma de la energía interna del sistema ( $U$ ) y el producto matemático de la presión por el volumen ( $H=U+PV$ ). Esta propiedad es usada en química para describir la termodinámica de las reacciones químicas. Sin embargo, como la entalpía no puede medirse directamente para sustancias específicas, en su lugar se determinan los **cambios de entalpía** ( $\Delta H$ ) que suceden durante las reacciones:

$$\Delta H = U + \Delta PV$$

Y, si las reacciones químicas ocurren a presión constante, entonces el cambio en el volumen ( $\Delta V$ ) es cero, en consecuencia, el cambio de entalpía es igual al cambio en la energía interna y a su vez, igual al flujo de calor durante la reacción.

$$\Delta H = q_p$$

Esta condición hace que la entalpía sea la forma más conveniente de determinar los cambios de calor derivados del rompimiento y formación de enlaces durante las reacciones. No se cuenta con tablas de entalpías de formación estándar ( $\Delta H^\circ$ ) para todas las reacciones, pero en esos casos, es posible utilizar las energías de enlace promedio para calcular cambios de entalpía aproximados ( $\Delta H$ ):

$$\Delta H = \sum D_{\text{enlaces rotos}} - \sum D_{\text{enlaces formados}} \quad \text{Donde: } \Sigma \text{ es el símbolo de sumatoria y significa "la suma de."}$$

Ejemplo. Revise la tabla 8.1 para calcular la  $\Delta H$  de la siguiente reacción balanceada a partir de las energías de enlace involucradas



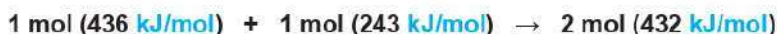
1 Desglose los enlaces de la reacción:



2 Expréselos en términos de energía (D):



3 Sustituya D por el valor energético correspondiente a cada enlace roto o formado



4 Calcule  $\Delta H$  de la reacción a partir de

$$\Delta H = \sum D_{\text{enlaces rotos}} - \sum D_{\text{enlaces formados}}$$

$$\Delta H = (436 \text{ kJ} + 243 \text{ kJ}) - (864 \text{ kJ}) = -185 \text{ kJ}$$

Los cálculos de este tipo también indican si una reacción es exotérmica o endotérmica. Cuando los enlaces en los átomos de los productos son más fuertes que los enlaces en los reactivos, sucede una **reacción exotérmica** y el cambio de entalpía resulta ser negativo ( $\Delta H = -$ ). En cambio, cuando sucede una **reacción endotérmica** los enlaces de los productos son más débiles que los enlaces existentes entre los átomos de los reactivos, resultando en un cambio de entalpía positivo ( $\Delta H = +$ ). Para el caso del ejemplo anterior, la reacción de formación de HCl (ácido clorhídrico) a partir de hidrógeno y cloro es exotérmica ( $\Delta H = -185 \text{ kJ}$ ).

### Actividad 8.3

En su librería calcule el  $\Delta H$  para la reacción de formación de agua y explique de qué tipo es. Se puede apoyar en el ejemplo anterior.

### Diagramas de energía potencial

Los **cambios de energía** que ocurren durante una reacción química se pueden mostrar en un diagrama llamado **diagrama de energía potencial** o curva de progreso de la reacción. Este tipo demuestra el cambio en la energía potencial de un sistema a medida que los reactivos se convierten en productos.

El gráfico de energía potencial de una reacción química muestra la **energía potencial de los reactivos**, la **energía de activación** como una barrera que debe superarse, pero que luego se va compensando conforme la reacción se va desarrollando y la **energía de potencial de los productos**. La diferencia entre la energía de los reactivos y la de los productos corresponde a la energía liberada hacia el entorno o absorbida del entorno durante la reacción.

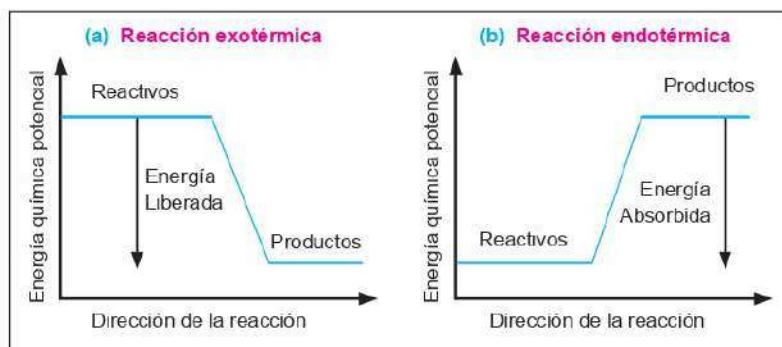


Figura 8.2 Diagramas de energía potencial típicos de reacciones exotérmicas (a) y reacciones endotérmicas (b)

En la figura 8.2 se muestran dos de los diagramas básicos de energía potencial para reacciones Exotérmica (a) y endotérmica (b). En ellos se puede observar que en una reacción exotérmica la energía potencial total del sistema (sustancias reaccionantes en el recipiente) disminuye a medida que el sistema libera energía al entorno, por lo que como ya se revisó, la entalpía es negativa ( $\Delta H = -$ ). Mientras que en una reacción endotérmica la energía total del sistema aumenta a medida que el sistema absorbe energía del entorno, por lo que la entalpía es positiva ( $\Delta H = +$ ) Esto se puede ver en los diagramas de energía potencial

### Energía de activación

Para que ocurra una reacción química, se requiere una cantidad de energía inicial, conocida como **energía de activación ( $E_a$ )**. Un ejemplo cotidiano es el encendido del motor de un automóvil. Al girar la llave, el sistema eléctrico del auto se activa, generando una chispa en la bujía que proporciona la energía de activación necesaria para iniciar la combustión de la gasolina con el oxígeno dentro de la cámara de combustión. Dicha reacción libera la energía química contenida en el combustible, permitiendo que el motor se ponga en marcha y transmita energía al sistema mecánico, haciendo que el automóvil funcione y pueda desplazarse. Sin esta chispa, la combustión de la gasolina no comenzaría, el motor no arrancaría, y el automóvil no funcionaría.

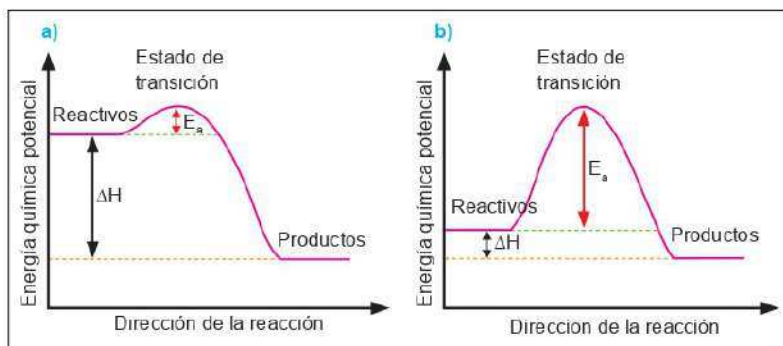


Figura 8.3 La energía de activación ( $E_a$ ) de las reacciones es la barrera que deben superar los reactivos para poder convertirse en productos. En a) la  $E_a$  es baja, indicando la probabilidad de que ocurra rápidamente. En b) la  $E_a$  es alta, lo que significa que probablemente suceda lentamente

Así la energía de activación ( $E_a$ ) es la **cantidad mínima de energía necesaria para iniciar una reacción química**. Esta energía se necesita para **romper los enlaces** existentes en los reactivos antes de que se puedan formar nuevos enlaces. Pero, ¿cómo sucede este rompimiento?

La energía inicial suministrada hace que las partículas de los reactivos vibren con tal intensidad que los enlaces que las mantienen unidas se rompan. Esto permite que los átomos o partículas liberadas colisionen (choquen) entre sí, formando un **complejo activado**, que evoluciona dando origen a los productos de la reacción. Visto de esta manera, la energía de activación ( $E_a$ ) es la **cantidad mínima de energía** que las partículas de los reactivos necesitan para colisionar, reaccionar y transformarse en productos.

Es importante destacar que **todas las reacciones químicas**, sean exotérmicas o endotérmicas, requieren de energía de activación ( $E_a$ ) para llevarse a cabo. Algunas reacciones ocurren fácilmente a temperatura ambiente porque las partículas ya tienen la  $E_a$  necesaria a esa temperatura, por ejemplo, la oxidación de un clavo o una manzana. Otras reacciones sólo ocurren al ser calentadas, ya que, a temperatura ambiente, las partículas no tienen suficiente energía. Este es el caso de la combustión de una vela o un papel que requieren de una fuente de calor externa les proporcione la energía cinética ( $E_c$ ), para alcanzar la  $E_a$ .

Para entender mejor el efecto de la energía de activación en las reacciones químicas, es útil analizar sus **diagramas de energía potencial**. En estos diagramas, la  $E_a$  se mide desde el punto inicial de la reacción hasta el punto más alto de la curva. Los diagramas de la figura 8.3 muestran el progreso de dos reacciones. En ambos casos (a y b) la energía potencial de los reactivos es mayor que la de los productos, por lo que se trata de reacciones exotérmicas. Sin embargo, al comparar la energía de activación representada por la altura de la curva entre reactivos y productos, se observa que la reacción a) requiere una menor cantidad de  $E_a$ , libera mayor cantidad de calor y al parecer sucede más rápidamente que la reacción b). Para fines prácticos se puede interpretar a la  $E_a$  como una **barrera que las partículas de los reactivos deben superar al colisionar**. En esta etapa de la reacción, llamada estado de transición, se forma un complejo activado, altamente energético e inestable. Si los reactivos no alcanzan esta energía mínima, el complejo activado no se forma y la reacción no ocurre.

## Formación de enlaces y liberación de energía

Como ya se ha revisado, el comportamiento de la energía durante los procesos químicos explica que haya diferentes tipos de reacciones. Cuando se forman enlaces químicos y se libera energía, el proceso se asocia comúnmente con **reacciones exotérmicas, donde la energía liberada durante la formación de enlaces es mayor que la energía requerida para romper los enlaces de los reactivos**, así  $H_{\text{productos}} < H_{\text{reactivos}}$ . Ejemplo de ello, es cualquier reacción de combustión, incluida la de una vela, alcohol, gasolina, gas, los alimentos, o cualquier otro combustible. Otro caso es la reacción de formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno, durante la cual se liberan grandes cantidades de energía (ver figura 8.4). Si revisa los cálculos que realizó en la actividad 8.3 confirmará que  $\Delta H$  es negativo (-).

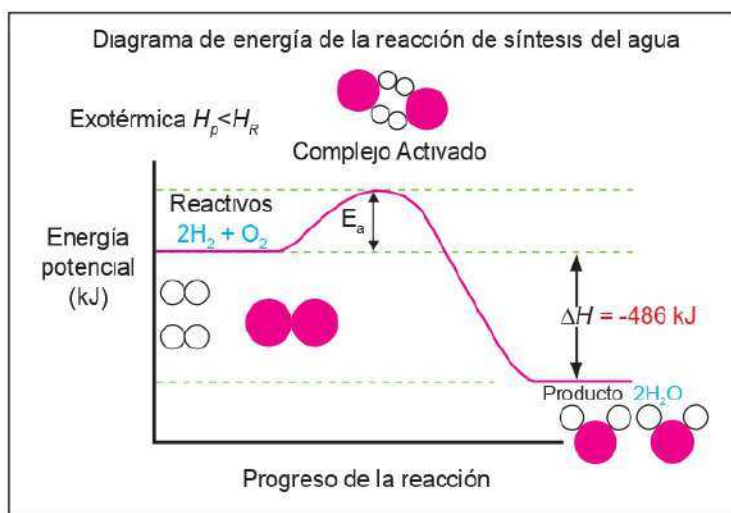


Figura 8.4 Diagrama de energía de la reacción síntesis de agua a partir de hidrógeno y oxígeno

### Actividad 8.4

En su libreta, calcule  $\Delta H$  de combustión de metano ( $\text{CH}_4(\text{g})$ ) con  $\text{O}_2(\text{g})$  que produce  $\text{CO}_2(\text{g})$  y  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  usando la ecuación  $\Delta H = \sum D_{\text{enlaces rotos}} - \sum D_{\text{enlaces formados}}$  para demostrar que la reacción es exotérmica.



## Ruptura de enlaces y absorción de energía

A la inversa, romper enlaces químicos requiere **energía**. Este proceso se asocia con **reacciones endotérmicas**, donde la **energía liberada durante la formación de enlaces es menor que la energía absorbida para romper los enlaces de los reactivos**, de modo que  $H_{\text{productos}} > H_{\text{reactivos}}$  (ver figura 8.5). Un ejemplo clásico de este tipo de reacción es la **fotosíntesis**, en la cual las plantas a través de una serie de reacciones químicas, utilizan energía solar para romper enlaces en moléculas de agua y dióxido de carbono, formando glucosa y oxígeno.

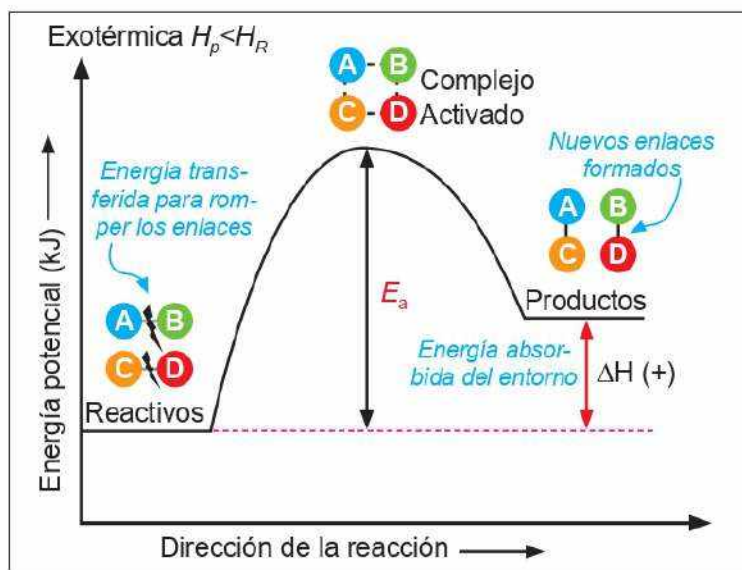
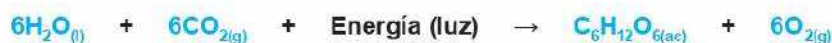


Figura 8.5 Modelo de diagrama de energía de reacciones endotérmicas

## Reacción global de la fotosíntesis



### Actividad 8.5

Para aprender más, accede al video "Procesos endotérmicos y exotérmicos" tecleando el link: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_m3QS\\_2QGVM](https://www.youtube.com/watch?v=_m3QS_2QGVM) o a través del código QR 8.1

Otro ejemplo de reacciones endotérmicas es la formación de ozono en la atmósfera. Esta reacción es impulsada por la luz ultravioleta que irradia el sol, provocando que los enlaces en las moléculas de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) se rompan y reaccionen para formar moléculas de ozono ( $\text{O}_3$ ), absorbiendo energía ultravioleta durante el proceso, lo cual resulta en un  $\Delta H$  positivo (+).

#### QR 8.1

Procesos endotérmicos y exotérmicos

Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_m3QS\\_2QGVM](https://www.youtube.com/watch?v=_m3QS_2QGVM)



### Actividad 8.6

En su libreta, calcula  $\Delta H$  de la formación de ozono, usando datos de la tabla 8.1 y la ecuación  $\Delta H = \sum D_{\text{enlaces rotos}} - \sum D_{\text{enlaces formados}}$  para demostrar que la reacción es endotérmica.

## Aplicaciones prácticas de la energía de enlace

La comprensión de la energía de enlace es fundamental en muchos procesos industriales y biológicos. En la industria, el control de la energía en las reacciones químicas es crucial para la producción de energía a partir de combustibles fósiles, la fabricación de productos químicos y la creación de nuevos materiales.

En el ámbito de la producción energética, hasta el día de hoy, la mayor parte de la energía utilizada a nivel mundial proviene de combustibles fósiles y se obtiene a partir de la combustión, una reacción exotérmica, tal como se mencionó en el relato inicial. Los combustibles ya sea gasolina, queroseno, carbón, etanol, diésel, gas natural, entre otros, en presencia de oxígeno, liberan la energía almacenada tras una activación que rompe sus enlaces. Parte de esta energía se utiliza para la formación de nuevos enlaces, formando  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , moléculas más estables; pero, la mayor parte se libera al entorno en forma de calor y luz. Esta reacción química es muy importante tanto para la industria como para la naturaleza, ya que permite a los seres vivos obtener energía. Sin embargo, también tiene implicaciones significativas para el medio ambiente, dado que, debido a su gran estabilidad, el  $\text{CO}_2$  permanece en la atmósfera absorbiendo calor y contribuyendo al efecto invernadero que provoca calentamiento global y desequilibrio ecológico.

En el ámbito biológico, las reacciones metabólicas en organismos vivos que mantiene con vida a los seres vivos dependen de la energía de enlace. Las enzimas facilitan estas reacciones al reducir la energía de activación necesaria, lo que permite que ocurran a temperaturas adecuadas para la vida. En el ámbito deportivo y de rehabilitación médica, tiene uso en la fabricación de bolsas “frías” o “calientes” para atender lesiones sufridas durante los partidos o por enfermedades. Aunque ambos tipos de bolsas están inicialmente a temperatura ambiente, las llamadas compresas frías consisten en una bolsa con una sustancia que, al reaccionar con el agua incluida, absorbe calor, por tanto, se utilizan para aliviar el dolor, la hinchazón y la inflamación, que producen dolor agudo, al momento de la lesión. Por otro lado, las bolsas calientes contienen sustancias que al reaccionar con el agua e hidratarse, liberan calor, lo que aumenta el flujo sanguíneo, y la extensibilidad, lo cual disminuye la rigidez, los edemas, la inflamación y el dolor crónico. Por ello, se usan en fisioterapia para tratar esguinces, distensiones musculares, calambres, espasmos musculares, neuralgias, sinovitis, artritis, entre otros.

### Actividad de cierre

Aplice su aprendizaje logrado para resolver los ejercicios siguientes.

1. Ingresa al sitio de ck-12 de la simulación del mecanismo químico de compresas o bolsas térmicas, tecleando el enlace: <https://CK12.co/GChV> o abriendo el código QR 8.2. Se desplegará una ventana que muestra un futbolista pateando un balón. Presiona el símbolo ► para iniciar la secuencia del futbolista lesionado tratando de usar una compresa. Al finalizar la secuencia, presiona ► que mostrará la ventana de la figura 8.6.

#### QR 8.2

Simulación del mecanismo químico de compresas o bolsas térmicas

Fuente: <https://CK12.co/GChV>



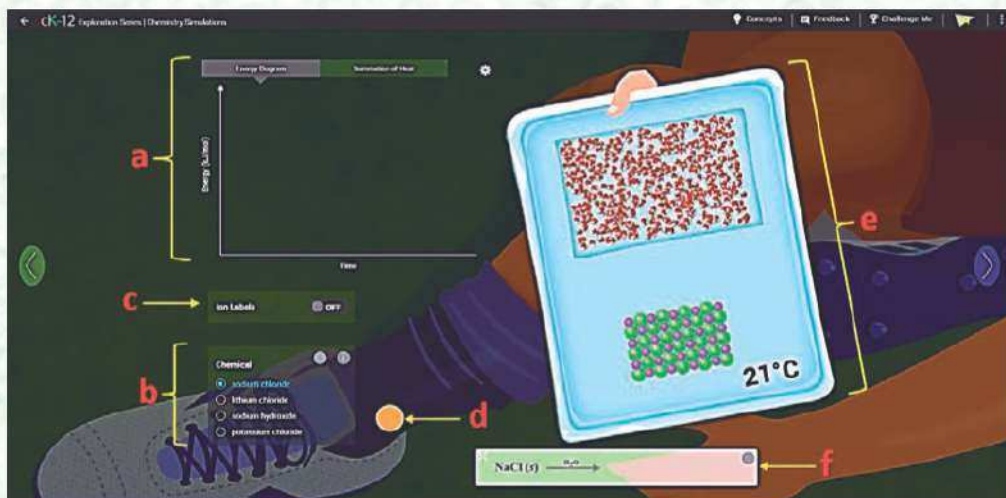


Figura 8.6 Captura de pantalla de la simulación del mecanismo químico de las bolsas o compresas térmicas usadas para tratar lesiones

2. Selecciona mostrar iones en (c) y luego en (b) elige la sal cloruro de sodio (NaCl), observa el interior de la bolsa (e) que contiene los reactivos: agua, contenida en un depósito y la sustancia que se hidratará durante la reacción, representados nanoscópicamente. Observa las condiciones iniciales y contesta:

  - a) ¿Cuál es el estado de agregación de los reactivos? \_\_\_\_\_
  - b) ¿Cuál es la temperatura antes de la reacción (ambiental)? \_\_\_\_\_
3. Activa la simulación presionando el botón iniciar (d), observa en (c) la reacción de hidratación, en (e) su representación simbólica (ecuación química) y en (f) el comportamiento del diagrama de energía.

- a) ¿Qué sucede al interior de la bolsa? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- b) ¿De qué tipo de bolsa térmica se trata? \_\_\_\_\_ ¿Cuánto varió la temperatura ( $\Delta T$ )? \_\_\_\_\_
- c) ¿Cómo se comporta la energía durante la reacción? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- d) ¿Quiénes tienen mayor energía ( $H$ ), los productos o los reactivos? \_\_\_\_\_
- e) ¿Cuál es el valor de  $\Delta H$ ? \_\_\_\_\_ ¿Se absorbe o se libera energía al entorno? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- f) ¿Qué tipo de reacción es? \_\_\_\_\_ ¿Cómo lo sabes? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- Aún en el gráfico, presione "summation of heat" (suma de calor) para comprobar su respuesta anterior a partir de los valores de energía y la ecuación  $\Delta H = H_{\text{productos}} - H_{\text{reactivos}}$ .
- Repita los pasos 2, 3 y 4 con cada una de las sustancias restantes. Luego, elabore un **reporte** con una introducción y los resultados obtenidos al experimentar con todas las sustancias, utilizando el formato diagramas de energía. Finalmente, escriba sus conclusiones explicando, ¿cuál bolsa térmica sería la más adecuada para atender al futbolista en caso de una distensión muscular? y ¿cuál sería mejor si solo presenta hinchazón y dolor agudo en el momento de la lesión?

Justifique su elección. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Tabla 8.2 Registro de resultados al experimentar con la simulación de bolsas térmicas.

Sustancia a hidratar	T inicial	T final	Tipo de bolsa	$\Delta T$ en la reacción	H de reactivos	H de productos	$\Delta H$ de la reacción	Tipo de reacción
NaCl	21°C							

- Observe el diagrama de energía para la formación de amoníaco que se muestra en la figura 8.7 y complete la información faltante

Escriba la ecuación química de la reacción que se lleva a cabo, no olvide incluir el estado de agregación y nombrar a reactivos y productos

Explique si es endotérmica o exotérmica argumente su respuesta \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

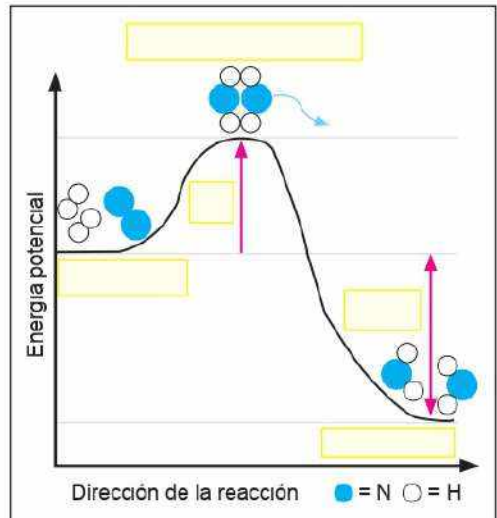
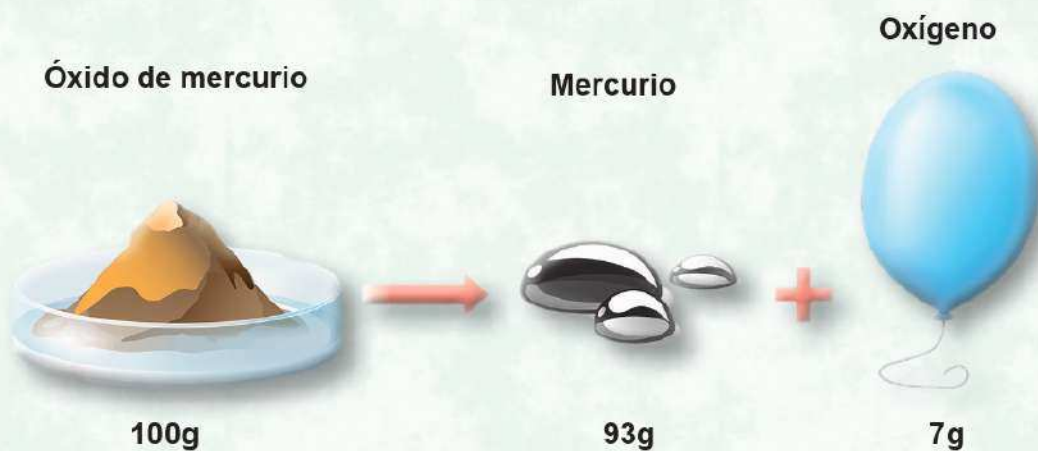


Figura 8.7 Diagrama de energía potencial para la formación de amoníaco.

Es posible establecer relaciones proporcionales entre las masas de los átomos en los reactivos y los productos, y la traducción de estas relaciones a la escala macroscópica usando el concepto de mol como la conversión de la escala atómica a la escala macroscópica.

### Ley de conservación de la masa



### Progresión de aprendizaje 9

Meta de aprendizaje
<b>CC.</b> Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
<b>CT7.</b> Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

## Escalas, representación, concepto de mol

¿Cuántas naranjas hay en 1 kg? ¿Cuántos frijoles hay en 1 kg? ¿Cuántos granos de arroz hay en 1 kg de esta semilla?, y ¿granos de maíz en 1 kg? ¿Cuántos granos de arena en 1 kg?

Si bien, contar naranjas no representa problema alguno, hacer lo mismo con los frijoles y el arroz ¡qué flojera, son muchos! Y tratándose de los granos de arena, la tarea parecería imposible. Son demasiado pequeños para ser contados, ¿no?

Ahora imagina que debemos contar los átomos y las moléculas, ¿cómo le hacemos? ¿A quién le interesa contar átomos?

Pues resulta que, en química la preparación de nuevas sustancias exige cuantificar de alguna forma los átomos y moléculas que hacemos reaccionar. Por ejemplo, si quisieras preparar cloruro de sodio (NaCl) a partir de sodio metálico y cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ), está claro que necesitarías el mismo número de átomos de sodio que de cloro, por lo que lo ideal sería hacer reaccionar cierto número de moléculas de  $\text{Cl}_2$  con el doble de ese número de átomos de sodio (recuerda que hay dos átomos de cloro en cada molécula de cloro). Para hacer esta reacción, ¿debemos contar las partículas una por una? ¿Cómo saber que estamos empleando la proporción correcta de partículas? ¿Cómo podemos contar algo tan pequeño?

Cuando pensamos en átomos y moléculas, es difícil imaginar su tamaño o peso porque son increíblemente pequeños, tanto que cuesta mucho visualizarlos. Algo similar ocurre con los objetos extraordinariamente grandes. ¿Puedes imaginar el tamaño de la Vía Láctea, nuestra galaxia?

Cuando estudiamos cosas que pertenecen a estos universos, ya sea lo extremadamente grande o lo extremadamente pequeño, es más fácil hacerlo usando elementos de la misma escala. ¿Qué significa esto?

Por ejemplo, si comparamos el tamaño de un planeta, no lo hacemos con manzanas, ¿verdad? ¿Cuántas manzanas cabrían en Júpiter? De hecho, comparar planetas con seres humanos o con objetos como barcos o edificios tampoco sería muy útil.

Una idea más lógica es comparar los planetas con otros objetos de la misma escala, como otros planetas. Podríamos decir, por ejemplo, que la Tierra cabe 1 300 veces en Júpiter. Cuando hablamos de cosas de nuestra vida cotidiana, usamos medidas que conocemos, como kilogramos para la masa o litros para líquidos.

Sin embargo, cuando hablamos de átomos y moléculas, nos enfrentamos a un mundo tan pequeño que es inimaginable. Por eso, necesitamos compararlos con elementos que estén en esa misma escala.

Para ello vamos a realizar la siguiente actividad.

### Actividad 9.1

Identifique la escala a la que pertenecen los siguientes objetos.

1. Ordene los siguientes cuerpos, organismos, planetas, etcétera, de mayor a menor tamaño, asígneles un número, puede consultar en internet.

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Célula           | <input type="checkbox"/> Átomo de hidrógeno |
| <input type="checkbox"/> Abeja            | <input type="checkbox"/> Átomo de oxígeno   |
| <input type="checkbox"/> Vía Láctea       | <input type="checkbox"/> Una persona        |
| <input type="checkbox"/> Manzana          | <input type="checkbox"/> Mitocondria        |
| <input type="checkbox"/> Sol              | <input type="checkbox"/> Edificio           |
| <input type="checkbox"/> Grano de arena   |   |
| <input type="checkbox"/> Molécula de agua |   |

2. Compare sus respuestas en plenaria y en pareja, contesten lo siguiente.

a) ¿De la lista anterior qué elementos consideran que son microscópicos? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) ¿Cuáles son de una escala menor (submicroscópicos)? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) ¿Cuáles pertenecen a una escala astronómica? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

d) ¿Qué elementos se pueden observar y analizar fácilmente? ¿Cuáles no? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. En equipo realicen los siguientes cálculos necesarios para contestar las siguientes preguntas.

Si supusiéramos que todas las moléculas de agua fueran del tamaño de una canica (de  $1 \text{ cm}^3$  o  $1 \text{ mL} = 0.001 \text{ L}$ ) y conociendo que en una gota de agua hay más de 1600 000 000 000 000 000 000 moléculas de agua, ¿qué volumen ocuparía una gota de agua?

4. Con ayuda del maestro, comparen sus respuestas con las del grupo y discutan si es fácil o difícil medir elementos mucho más pequeños y mucho más grandes que nosotros.

En la actividad anterior, te diste cuenta de que, por lo general, nos resulta más fácil medir y entender cosas que están cerca de nuestro tamaño. Esto se debe a que nuestra percepción del mundo está limitada por lo que nuestros sentidos pueden captar. Si alguien te pide que pienses en una pelota, una manzana o incluso un avión, es sencillo imaginarte cómo lucen puedes visualizar su forma, color y tamaño sin problema. Sin embargo, si te piden que pienses en algo como el planeta Júpiter, la Vía Láctea o un átomo, es probable que las imágenes que te vienen a la mente estén basadas en lo que has visto en libros, en la televisión o en internet, y no en una experiencia directa.

Esto tiene una explicación importante. Cuando pensamos en objetos tan grandes como un planeta o una galaxia, o tan pequeños como un átomo, no solemos considerar sus dimensiones reales porque en nuestra vida cotidiana no es-



Figura 91 Microscopio óptico es un instrumento hecho a base de lentes, que permite observar la imagen aumentada del objeto que nos interesa estudiar

tamos acostumbrados a percibir cosas tan increíblemente grandes o pequeñas. Estos objetos están fuera de nuestra experiencia directa, y por eso necesitamos apoyarnos en imágenes, modelos o comparaciones para poder entenderlos mejor. Nuestra mente, al estar más familiarizada con los objetos de nuestro entorno, tiene dificultades para concebir tamaños que están muy lejos de lo que podemos ver o tocar. Por eso, cuando hablamos de cosas como Júpiter o un átomo, es difícil imaginar su verdadera escala sin alguna referencia que nos ayude a poner su tamaño en perspectiva.

En su curso sobre organismos, estructuras y procesos, aprendió que las células, al igual que los átomos y las moléculas, son tan pequeñas que no podemos verlas a simple vista. Por eso, para estudiar las células, se tuvo que inventar el microscopio óptico (figura 9.1), que permite observar objetos que miden solo unos micrómetros ( $1 \mu\text{m} = 0.000001$  metros). Sin embargo, aunque estos microscopios son muy potentes, no son suficientes para estudiar átomos y moléculas, ya que estos son muchísimo más pequeños, incluso cientos de miles de veces más pequeños que la célula más diminuta. Por ejemplo, una bacteria típica mide alrededor de  $2 \mu\text{m}$  (micrómetros), mientras que un átomo tiene un tamaño promedio de solo 150 picómetros (pm), donde  $1 \text{ pm} = 0.000000000001$  metros, lo que es una millonésima parte de una micra.

Entonces, ¿por qué no construimos un microscopio más potente para ver los átomos? El problema es que nuestros ojos solo pueden detectar un rango limitado de longitudes de onda, conocido como "luz visible", que abarca de 390 a 750 nanómetros (nm), donde  $1 \text{ nm} = 1$  nanómetro =  $0.000000001$  metros. Como estudiaste en "La Materia y sus Interacciones", cuando vemos un objeto, en realidad estamos viendo la luz que refleja. Pero los átomos son tan pequeños que la luz visible no rebota en ellos, por lo que es imposible verlos directamente.

Dado que los químicos no pueden usar microscopios ópticos para estudiar los átomos, recurren a métodos indirectos. Estos métodos no permiten ver directamente los átomos, pero sí nos muestran los resultados de su interacción con diferentes tipos de radiación electromagnética, como la radiación infrarroja o los rayos X.

Un ejemplo de un método indirecto, aunque no se usa para estudiar átomos y moléculas, es observar sombras. Las sombras se forman cuando un objeto bloquea parcialmente la luz que intenta pasar. Al ver una sombra, podemos hacernos una idea bastante clara del objeto que la produjo, sin necesidad de mirarlo directamente.

Otro método indirecto que usamos es el de los rayos X. Cuando miras una radiografía, no estás viendo directamente los huesos, sino la imagen que dejan los rayos X en una placa al atravesar el cuerpo humano (figura 9.2).

Del mismo modo, los rayos X nos permiten conocer la posición de los átomos en estructuras como el cloruro de sodio o el grafito. Cuando los rayos X chocan con los átomos, crean un patrón de difracción

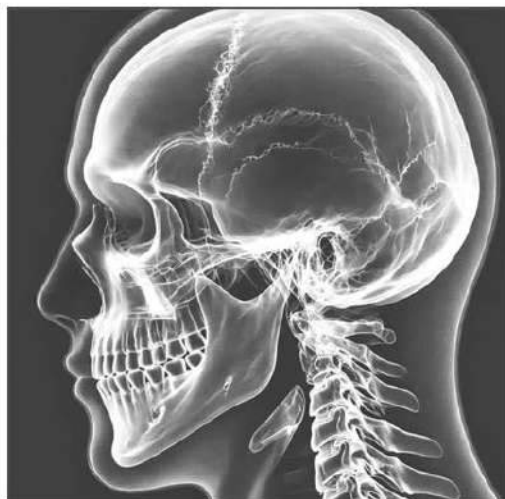


Figura 9.2 Los estudios de rayos X son un método indirecto para visualizar huesos de una persona, que interactúa de manera distinta que el resto de nuestro cuerpo con esta radiación electromagnética

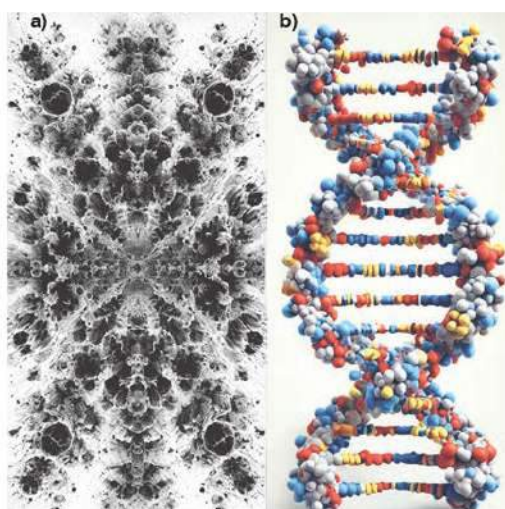


Figura 9.3 Imagen de la izquierda es lo que se conoce como patrón de difracción del ADN que probablemente no le diga mucho su estructura, sin embargo, la difracción de rayos X que obtuvo Rosalind Franklin ayudó a los científicos James Watson y Francis Crick a determinar la estructura del ADN



(figura 9.3 a) A partir de este patrón, podemos determinar cómo están organizados los átomos en el espacio (figura 9.3 b)

## 9.2 Cantidad de sustancia: mol

Imagine que quiere preparar un delicioso arroz a la mexicana y encuentra una receta que dice: 2 000 granos de arroz y 325 chícharos. ¡Espere! ¿Cómo se supone que va a contar tantos granos? Sería mucho más sencillo si la receta dijera 2 tazas de arroz y 1 taza de chícharos. No necesita saber cuántos granos exactos hay en una taza; lo importante es que la cantidad sea la correcta para tu platillo (figura 9.4)

Ahora, imagina que tienes otra receta, esta vez para un platillo de arroz que todos dicen que es increíble. Pero hay un pequeño problema: la receta dice que necesitas que por cada grano de arroz haya una semilla de frijol. ¿Cómo podrías preparar eso? Podrías pensar que lo más fácil es usar una taza de arroz por cada taza de frijoles. Pero eso no funcionaría, porque los frijoles son mucho más grandes que los granos de arroz. Entonces, aunque uses la misma cantidad en tazas, no tendrías el mismo número de cada uno

¿Qué tal si intenta usar una balanza? Si pesa la misma cantidad de arroz y frijoles, ¿tendrá el mismo número de cada uno? No, porque los frijoles pesan más que los granos de arroz. Así que, aunque tenga el mismo peso, no tendrá la misma cantidad de semillas.

Esto puede parecer complicado, pero hay una forma de solucionarlo. Imagine que sabe que un frijol pesa cinco veces más que un grano de arroz. Si pesa 100 gramos de arroz, ¿necesita saber exactamente cuántos granos hay? No, no es necesario. Lo que necesita es asegurarse de que el número de granos de arroz sea igual al número de frijoles. Para hacerlo, solo necesita pesar 500 gramos de frijoles.

Piense en ello de esta manera: aunque no sepa cuántos granos o frijoles hay exactamente, si sigue esta proporción, tendrá la misma cantidad de frijoles en 500 gramos que de arroz en 100 gramos. Esto significa que las cantidades estarán equilibradas, y ahora sí, ¡puede preparar ese platillo especial!

Este método de pensar en proporciones, en lugar de contar cada grano o semilla, es muy útil, no solo en la cocina, sino también en la ciencia, especialmente cuando hablamos de cosas muy pequeñas, como átomos y moléculas. En lugar de contar cada partícula individualmente, los científicos usan métodos similares para asegurarse de que las cantidades sean correctas, sin tener que medir cada una por separado. Así, lo que podría parecer un problema sin solución, se vuelve manejable con el enfoque adecuado.



Figura 9.4 En la vida cotidiana usamos unidades que nos permiten medir un gran número de productos (sin que importe cuantos sean) y que proporcionan las cantidades adecuadas

## Actividad 9.2

Calcule masas relativas para comprender el concepto de mol.

- 1 ¿Cuántas semillas de arroz hay en un kilo? ¿Cuántas semillas de frijol hay en 5 kg?

Para corroborar el método anterior, le invitamos a llenar la siguiente tabla: observa el ejemplo que puede ayudarle a realizar la actividad

Tabla 1 Guía para el estudiante.

1	La masa de una semilla de frijol es cinco veces mayor que la de una semilla de arroz.
2	Masa de una semilla de arroz = 0.1 g
3	Por lo tanto, la masa de una semilla de frijol es: $5 \times 0.1 \text{ g} = 0.5 \text{ g}$
4	Número de semillas de arroz en 1 kg $1 \text{ kg} \left  \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right  \frac{1 \text{ semilla}}{0.1 \text{ g}} = 10\,000 \text{ semillas}$
5	Número de semillas de frijol en 5 kg $5 \text{ kg} \left  \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right  \frac{1 \text{ semilla}}{0.5 \text{ g}} = 10\,000 \text{ semillas}$

2. En las siguientes dos tablas, en el renglón número 2, asigne la masa de una semilla de arroz (dando un valor distinto al que se usó en la tabla 1), la que quiera, pero que sea inferior a 1 g. No use el mismo valor en la tabla 2 que en la tabla 3. Con esa masa realiza los cálculos correspondientes

Tabla 2

1	La masa de una semilla de frijol es cinco veces mayor que la de una semilla de arroz.
2	Masa de una semilla de arroz = _____ g
3	Por lo tanto, la masa de una semilla de frijol es: $5 \times \text{_____ g} = \text{_____ g}$
4	Número de semillas de arroz en 1 kg
5	Número de semillas de frijol en 5 kg

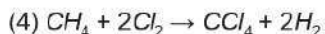
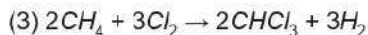
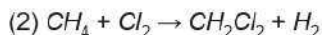
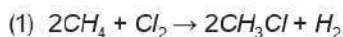
Tabla 3

1	La masa de una semilla de frijol es cinco veces mayor que la de una semilla de arroz.
2	Masa de una semilla de arroz = _____ g
3	Por lo tanto, la masa de una semilla de frijol es: $5 \times \text{_____ g} = \text{_____ g}$
4	Número de semillas de arroz en 1 kg
5	Número de semillas de frijol en 5 kg

Como pudo ver, en cada tabla el número de semillas en la fila 4 es igual al de la fila 5. Sin embargo, el número que obtiene en la tabla 1 es diferente al de la tabla 2, y ambos son distintos al de la tabla 3. ¿Por qué los números son diferentes en cada tabla? ¿Influye el valor que le dimos a la semilla de arroz en el hecho de que el valor de las semillas en el renglón 4 sea igual al del renglón 5?

3. En plenaria y con la ayuda de su profesor discutan estos resultados.

En el método anterior, lo único que importaba para medir el mismo número de semillas de arroz y frijoles era conocer cuánto más pesa una semilla de frijol en comparación con una de arroz (la semilla de frijol pesa cinco veces más). Este método, aunque parezca simple, es muy importante en química porque, en la síntesis química, se necesitan proporciones exactas. Por ejemplo:



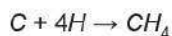
Como se puede apreciar en las reacciones de la 1 a la 4, con base en la proporción de metano ( $CH_4$ ) y de cloro gas ( $Cl_2$ ), pueden obtenerse varios productos tales como clorometano ( $CH_3Cl$ ), diclorometano ( $CH_2Cl_2$ ), cloroformo ( $CHCl_3$ ) y tetracloruro de carbono ( $CCl_4$ ).

Usando lo que aprendimos en la actividad anterior, sabemos que para medir cantidades equivalentes de una sustancia solo necesitamos conocer las masas relativas. Por ejemplo, como un átomo de carbono pesa 12 veces más que un átomo de hidrógeno, podemos estar seguros de que 12 gramos de carbono contienen el mismo número de átomos que 1 gramo de hidrógeno. La cantidad de átomos en 12 gramos de carbono se llama un mol (figura 9.5)

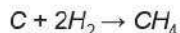
El mol es la unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades (SI) para medir la cantidad de una sustancia química. Así como usamos metros para medir la longitud, usamos moles para medir la cantidad de una sustancia.

¿Necesitamos saber cuántos átomos hay en un mol? No, igual que cuando medimos arroz en tazas sin contar cuántos granos hay en cada taza. En química, no necesitamos saber cuántos átomos hay en un mol.

Por ejemplo, para obtener un mol de metano ( $CH_4$ ), solo necesitamos 1 mol de átomos de carbono y 4 moles de átomos de hidrógeno, es decir, 12 gramos de carbono y 4 gramos de hidrógeno.



Como el hidrógeno forma moléculas diatómicas ( $H_2$ ), podemos reescribir la ecuación como:



En química, casi nunca contamos los átomos uno por uno porque hay demasiados. En vez de eso, usamos el mol como una unidad de medida para contar átomos, moléculas, iones, y otras partículas.

¿Sabe cuántos átomos hay en un mol? Hoy en día sabemos que un mol contiene una cantidad enorme de partículas. Un mol es igual a 602,300,000,000,000,000,000 partículas. Esto significa que:

- 1 gramo de hidrógeno tiene esa cantidad de átomos de hidrógeno
- 12 gramos de carbono tienen esa cantidad de átomos de carbono.
- 18 gramos de agua tienen esa cantidad de moléculas de agua.



Figura 9.5 Un mol de carbono tiene doce veces más que uno de hidrógeno, pero ambos contienen el mismo número de átomos

Para escribir números tan grandes de manera más sencilla, usamos potencias de 10, así: 602,300,000,000,000,000,000 se escribe como  $6.02 \times 10^{23}$ .

¿Qué cree que es más fácil: contar los átomos uno por uno o contarlos en moles?

En nuestra vida diaria, también usamos unidades de conteo para grupos, como pares, docenas o centenas. Pero estas unidades son demasiado pequeñas para contar átomos y moléculas. En química, usamos el mol, que agrupa una cantidad enorme de partículas. Así como una docena es 12 cosas, un mol es  $6.02 \times 10^{23}$  partículas.

Por ejemplo, si tiene 32 gramos de azufre, puede decir que tiene:

- a) 1.0 moles de átomos de azufre
- b) 602,300,000,000,000,000,000 átomos de azufre
- c)  $6.02 \times 10^{23}$  átomos de azufre

Las tres formas significan lo mismo, igual que decir 6 o media docena.

¿Cuál de estas formas le parece más fácil para representar el número de átomos de azufre en 16 gramos: a), b) o c)?

El mol es una unidad de medida que usamos en los laboratorios para contar la cantidad de átomos y moléculas. Pero, ¿existen máquinas para contar moles? No, no hay un “molímetro”. Para medir moles, usamos la masa de la sustancia. Recuerda que los átomos de cada elemento tienen masas diferentes, así como una docena de manzanas no pesa lo mismo que una docena de naranjas. De la misma manera, un mol de átomos de cobre no pesa lo mismo que un mol de átomos de plata. Esto se debe a que la masa de un átomo depende del número de protones y neutrones que tiene.

Para medir moles de átomos o moléculas en el laboratorio, solo necesitamos conocer sus masas relativas. Por ejemplo, un átomo de oxígeno es dieciséis veces más pesado que un átomo de hidrógeno, por lo que 16 gramos de oxígeno contienen el mismo número de átomos que 1 gramo de hidrógeno. ¿Cuántos átomos es eso? ¡Exactamente un mol!

¿Cómo sabemos que un mol contiene  $6.023 \times 10^{23}$  partículas? No fue fácil llegar a ese número. El número de partículas en un mol puede variar según el método y la precisión de los instrumentos de medición. Hoy en día, el número aceptado es  $6.023 \times 10^{23}$ , y se llama “número de Avogadro”, en honor al científico italiano Avogadro, cuyo trabajo ayudó a descubrir este concepto.

La masa de un mol de una sustancia se llama masa molar. Esto es muy útil para los químicos, porque conociendo la masa molar, podemos determinar cuánta masa de cada sustancia se necesita en una reacción química y cuántos productos se generarán.

La masa molar de un elemento se encuentra en la tabla periódica (figura 9.6). Para una sustancia compuesta, sumamos las masas molares de todos los elementos que la forman.

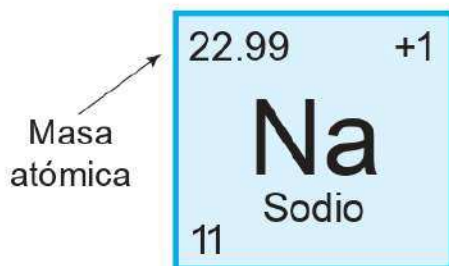


Figura 9.6 Representación del sodio, como se mostraría en una tabla periódica.

Por ejemplo, la masa molar del hidrógeno es 1 g y la del oxígeno es 16 g. Pero para encontrar la masa molar del agua, necesitamos saber que cada molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Así que, en un mol de agua, hay dos moles de átomos de hidrógeno y un mol de átomos de oxígeno:

$(2 \times \text{masa molar de H}) + \text{masa molar de O} = \text{masa molar del agua}$

$$(2 \times 1 \text{ g}) + 16 \text{ g} = 18 \text{ g}$$

Al principio, nos preguntamos si queremos preparar sal (NaCl) a partir de sodio metálico (Na) y cloro gaseoso (Cl<sub>2</sub>). ¿Cómo sabemos que estamos usando la proporción correcta de átomos?

Ahora ya sabe que solo necesita medir 23 g de sodio y 35.5 g de cloro (Cl<sub>2</sub>) para hacer la reacción en las proporciones correctas. En 23 g de sodio, tienes un mol de átomos de sodio, y en 35.5 g de cloro, tienes medio mol de moléculas de cloro, lo que equivale a un mol de átomos de cloro

### Actividad 9.3

Calcule la masa molar y la cantidad de sustancia.

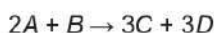
1. Utilice la tabla periódica para calcular la masa molar de las siguientes sustancias:
  - a) Agua (H<sub>2</sub>O)
  - b) Cloruro de sodio (NaCl)
  - c) Amoníaco (NH<sub>3</sub>)
  - d) Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>)
2. Con base en las masas molares que ha calculado en el inciso anterior, ahora calcule la cantidad de sustancia (mol) contenida en:
  - a) 10 g de agua (H<sub>2</sub>O)
  - b) 20 g Cloruro de sodio (NaCl)
  - c) 17 g Amoníaco (NH<sub>3</sub>)
  - d) 168 g de Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>)

## 9.3 Estequiometría para una reacción

La palabra estequiometría viene del griego *stoichion*, que significa «elemento», y se refiere a la medición y cálculo de las cantidades de los elementos presentes en los compuestos y en las reacciones químicas.

La estequiometría es la rama de la química que se encarga del estudio cuantitativo de los moles, las masas y volúmenes de los reactivos y los productos que participan en una reacción. Los **coeficientes estequiométricos** son el concepto fundamental que nos va a permitir establecer las relaciones entre los cambios en el número de moles de los distintos reactivos y productos. Antes de aplicar los coeficientes estequiométricos trataremos de entender las implicaciones generales de la estequiometría para así deducir las relaciones que nos resultarán más prácticas.

Consideremos la siguiente reacción global



Con base en nuestra comprensión del concepto de mol, sabemos que por cada mol de A que se consume, se consumirán 0.5 moles de B y se producirán 1.5 moles de C y 1.5 moles de D. Planteando un sistema en que al inicio sólo había A y B en proporciones estequiométricas, por ejemplo, 6 moles de A y 3 moles de B, mentalmente podemos hacer las siguientes determinaciones.

- 1 A y B se consumirán en la misma proporción respecto a sus cantidades iniciales
- 2 Cuando A se agote, B se agotará en el mismo instante.
- 3 Las moles de C y D serán idénticos en todo momento.

El problema se complica si la alimentación es: 2 mol de A, 2 moles de B, 3 moles de C y 2 moles de D; y queremos saber el número de moles presentes en cada especie cuando 1 mol de A ha reaccionado. Aunque podemos hacer el cálculo mental, ahora nos cuesta un poco más de trabajo y debemos tener más cuidado porque es fácil equivocarse con los signos y factores. Su respuesta es correcta si obtuvo: 1 mol de A, 15 mol de B, 4.5 moles de C y 4.5 moles de D. El cálculo de A es trivial: 2 moles iniciales menos 1 mol que reaccionó.

Un cálculo un poco más formal para B es:

$$2 \text{ moles de B inicial} - 1 \text{ mol de A consumido} \times \frac{1 \text{ mol B que se consumen}}{2 \text{ moles de A que se consumen}} = 15 \text{ moles de B}$$

Debe notarse que el término  $\frac{1 \text{ mol B que se consume}}{2 \text{ moles de A que se consume}}$  está asociado a los valores estequiométricos, esto es, valores que aparecen en la reacción. El cálculo para C

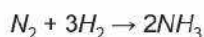
$$3 \text{ moles de C iniciales} + 1 \text{ mol de A consumido} \times \frac{3 \text{ mol C que se producen}}{2 \text{ moles de A que se consumen}} = 4.5 \text{ moles de C}$$

Comparando estos dos cálculos se puede enfatizar que el cambio de signo del último sumando se debe a que, en el primer caso, B también es reactivo mientras, que el segundo, C es producto.

Por lo tanto, es importante identificar a qué especie es producto y qué especie es reactivo

### 9.3.1 Reactivo limitante

Supongamos que tenemos la siguiente reacción.



Como se aprecia la reacción para producción de amoníaco ya está balanceada (como se abordó en secciones anteriores); 1 mol de  $N_2$  reacciona con 3 moles de  $H_2$  para producir 2 moles de  $NH_3$ , partiendo de una carga inicial en un reactor químico de 10 moles de  $N_2$  y 10 moles de  $H_2$ , ¿cuál sería el reactivo limitante?

Una forma de analizar el reactivo limitante es dividir el número de moles iniciales entre el coeficiente estequiométrico y observar cuál será el número menor, mediante la siguiente tabla de variación de especies.

Reacción	$N_2$	$3H_2$	$2NH_3$
Moles	10	10	0
Coefficiente	1	3	2
División	$\frac{10}{1} = 10$	$\frac{10}{3} = 3.33$	

Como se aprecia  $3.33 < 10$  por lo tanto el  $H_2$  es el reactivo limitante, por lo que será la especie que se consuma primero. Si deseamos calcular la cantidad de cada especie al final de la reacción se procede, como se analizó anteriormente

Reacción	1 mol $N_2$	3 mol $H_2$	2 mol $NH_3$
Inicio	10	10	0
Consumen	-3.33	-10	2
Final	$10 - 3.33 = 6.66$	0	6.66

Como se aprecia la cantidad de  $N_2$  que queda al final se calcula a partir del reactivo limitante y, co base en los coeficientes estequiométricos. Vamos a mostrar el cálculo de  $N_2$

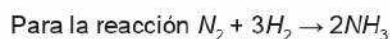
$$10 \text{ moles iniciales } N_2 - 10 \text{ mol } H_2 \text{ consumido} \left| \frac{1 \text{ mol } N_2 \text{ que se consume}}{3 \text{ mol } H_2 \text{ que se consume}} = 6.66 \text{ mol } N_2 \right.$$

$$10 \text{ mol } H_2 \text{ consumido} \left| \frac{2 \text{ mol } NH_3 \text{ que se forman}}{3 \text{ mol } H_2 \text{ que se consume}} = 6.66 \text{ mol } NH_3 \right.$$

Este procedimiento descrito funciona con moles. Por eso, si está trabajando con masa en lugar de moles, se recomienda convertir la masa a moles como primer paso, o trabajar directamente con relaciones de masa a masa, como se describe a continuación.

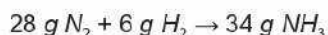
### 9.3.2 Estequiometría -Relación masa/masa

Tomando de nuevo la reacción de producción de amoníaco  $NH_3$ , ahora con una alimentación de 100 g de  $N_2$ , 100 g de  $H_2$ , 0 moles de  $NH_3$



Se puede apreciar que 1 mol de  $N_2$  es equivalente 28 g, debido a su masa molar, para el caso de los 3 moles de  $H_2$  es equivalente a 6 g y 2 mol de  $NH_3$  es equivalente a 34 g.

Por lo tanto, en la reacción las relaciones estequiométricas en masa son las siguientes



Podemos aplicar el procedimiento de dividir la masa de alimentación entre la masa de las proporciones estequiométricas, para identificar el reactivo limitante.

Reacción	28 g $N_2$	6 g $H_2$	34 g $NH_3$
Masa (g)	100	100	0
Coefficiente	28	3	2
División	$\frac{100}{28} = 3.57$	$\frac{100}{6} = 16.66$	

Como se aprecia  $3.57 < 16.66$  por lo tanto el  $N_2$  es el reactivo limitante, por lo que será la especie que se consuma primero. Si deseamos calcular la cantidad de cada especie al final de la reacción se procede como se analizó anteriormente.

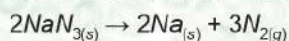
Reacción	28 g $N_2$	6 g $H_2$	34 g $NH_3$
Inicio (g)	100	100	0
Consumen (g)	-100	0.59	121.42
Final (g)	0	100-0.59=99.41	121.42

## Actividad 9.4

De forma individual o colaborativa resuelva las siguientes situaciones problemáticas.

1. La fermentación de la glucosa,  $C_6H_{12}O_6$ , produce alcohol etílico,  $C_2H_5OH$ , y dióxido de carbono. Escriba la reacción y usando una relación masa-masa, ¿cuántos gramos de etanol se pueden producir teóricamente a partir de 10.0 g de glucosa?

2. Las bolsas de aire para automóvil se inflan cuando se descompone rápidamente el compuesto azida de sodio,  $NaN_3$ , en los elementos que la componen según la ecuación:



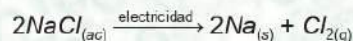
- a) En una relación masa-masa, ¿cuántos gramos de azida de sodio se necesitan para obtener teóricamente 20.0 g de nitrógeno gaseoso?

3. El carburo de silicio,  $SiC$ , se conoce por el nombre común de carborundum. Esta dura sustancia, que se utiliza comercialmente como abrasivo, se prepara calentando  $SiO_2$  y  $C$  a temperaturas elevadas:



- a) ¿Cuántos gramos de  $SiC$  se pueden formar si se hacen reaccionar 15.0 g de  $SiO_2$  y 20.0 g de  $C$ ?
- b) ¿Cuál es el reactivo limitante?
- c) ¿Cuál es el reactivo en exceso? ¿Cuánto se queda sin reaccionar?

4. El cloro que se utiliza en los sistemas de potabilización del agua, se obtiene industrialmente por la disociación electrolítica del agua de mar, mediante una reacción que puede representarse así

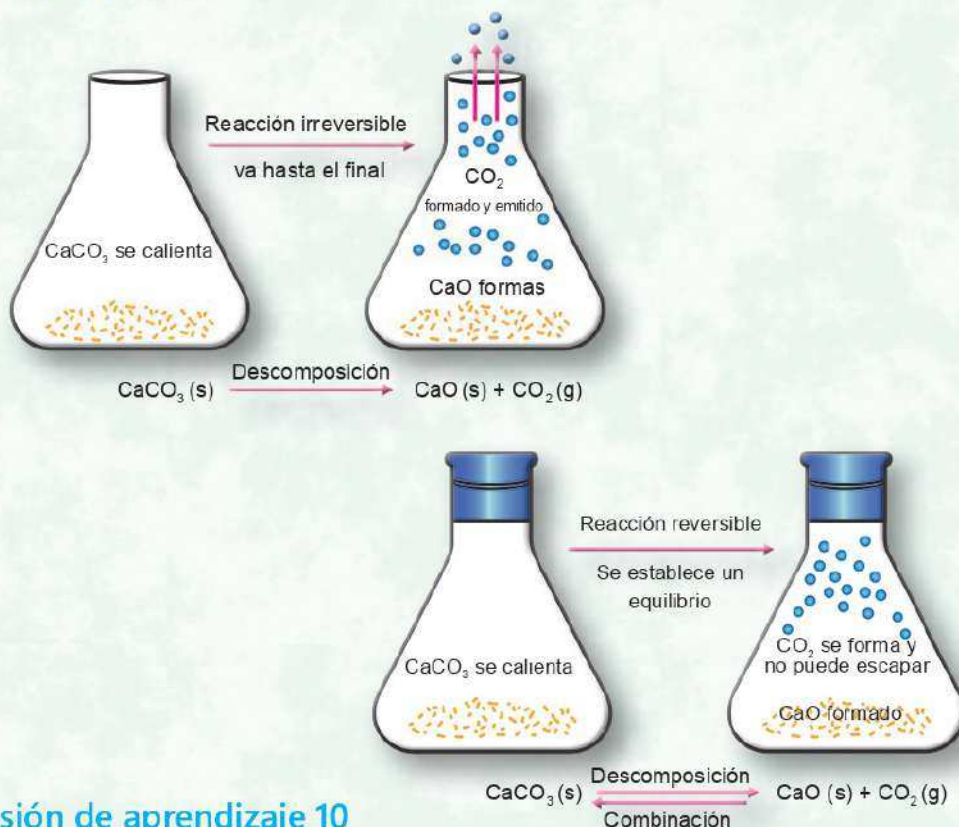


- a) ¿Qué masa de cloruro de sodio se debe utilizar para producir teóricamente 400 g de cloro?

5. Cuando reacciona un metal,  $x$ , con  $HCl$ , los productos resultantes son  $Cl_2$  y  $H_2$ . Escriba la ecuación balanceada. Si 78.5 g del metal reaccionan completamente, se producen 2.42 g de hidrógeno. Identifique al elemento  $X$ . (Justifica su respuesta con cálculos).



Un equilibrio dinámico ocurre cuando dos procesos reversibles suceden a la misma velocidad. Diversos procesos (como determinadas reacciones químicas) son reversibles y cuando están en un equilibrio dinámico, la reacción inversa ocurre a la misma velocidad.



## Progresión de aprendizaje 10

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
CT7. Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

## Actividad 10.1

Realice en clase los siguientes experimentos y hagan un debate alrededor de las cuestiones que se abordan.

### 1. Exploración I (Un símil del equilibrio)

- Consiga dos cubetas de agua (la exploración mejora si los recipientes son transparentes, como una pecera, por ejemplo) y varios vasos de diferentes diámetros que quepan de sobra en las cubetas.
- Llene con agua ambas cubetas hasta la mitad.
- Entregue vasos idénticos a dos de sus compañeros y asígneles una cubeta a cada uno.
- Pida a ambos que llenen su vaso hasta donde puedan con el agua de su cubeta (sin inclinarla) y lo viertan en la otra, los dos al mismo tiempo.
- Está claro que, como los volúmenes y los diámetros de los vasos son iguales, el estado final es idéntico a la inicial, sin importar cuántas veces se repita la instrucción anterior. Si los dos compañeros siguen añadiendo al unísono agua a la otra cubeta, no pasará nada. Estamos en un estado de equilibrio dinámico.
- ¿Qué sucederá cuando uno de los dos vasos sea mayor que el otro, tanto en volumen como en diámetro?
- ¿Cree que en este último caso toda el agua de una cubeta pasará a la otra después de repetir y repetir el tercer paso antes mencionado?
- O bien, ¿se llegará a un estado de equilibrio en el que quedará agua en las dos cubetas, aunque en una haya más que en la otra?
- ¿Puede prever qué pasará con el nivel del agua en las dos cubetas si uno de los vasos tiene más volumen, pero menos diámetro que el otro?

### 2. Exploración II (Velocidad de reacción y temperatura)

- Llena un tercio de vaso con agua recién hervida
- Llena un tercio de otro vaso con agua muy fría.
- Añade a cada vaso una tableta de Alka Seltzer.
- ¿Sabes por qué ocurre el burbujeo?
- Observa en cuál de ellos el burbujeo es más intenso, o sea, en cuál desaparece antes la tableta.
- ¿Podrías dar una explicación de lo observado?

## 10.1 Equilibrio químico y cinética química

En la naturaleza, todo está en constante cambio. A nivel molecular, las moléculas siempre están chocando entre sí. Si estos choques tienen suficiente energía y las moléculas son compatibles, ocurre una reacción química.

El cambio químico se ve afectado por varios factores. Primero, la concentración de los reactivos (las sustancias que reaccionan) es importante tener presente que cuantas más moléculas haya en un espacio, más choques habrá, y por lo tanto, más reacciones. La temperatura también juega un papel clave cuando es más alta, las moléculas se mueven más rápido y es más probable que reaccionen al chocar. Además, algunas sustancias llamadas catalizadores pueden acelerar las reacciones al ayudar a que las moléculas se encuentren y reaccionen más rápido.

Cuando pensamos que una reacción ha terminado, en realidad lo que sucede es que la velocidad a la que los reactivos se convierten en productos es igual a la velocidad a la que los productos vuelven a ser reactivos. Esto se llama equilibrio químico. Es un equilibrio dinámico, lo que significa que, aunque sigue habiendo cambios a nivel microscópico, no podemos ver ningún cambio a simple vista. Este equilibrio no solo ocurre en reacciones químicas, también sucede en situaciones como el equilibrio entre un líquido y su vapor (por ejemplo, cuando el agua en una olla empieza a hervir y parte de ella se convierte en vapor), o entre un sólido y su solución saturada.

En este proceso, estudiamos cómo se alcanza el equilibrio y la velocidad a la que ocurre. Entender el equilibrio es esencial para saber hasta dónde puede avanzar una reacción y cuándo llega a su límite. También es importante conocer la velocidad de las reacciones, como por ejemplo, para saber cuánto tiempo tarda en hacer efecto un medicamento, cuánto tiempo lleva producir un producto en la industria, o cuánto tarda en desaparecer un pesticida después de aplicarlo en un cultivo.



Figura 10.1 Vasos con agua uno tapado y otro destapado.

### 10.1.1 Equilibrio Químico

Para esta sección vamos a realizar un acercamiento al equilibrio químico con base en cuestiones experimentales de la vida cotidiana.

¿Sabes a qué temperatura el agua pasa de líquido a vapor? Seguro que sí, ¡a 100°C (a nivel del mar)! Entonces, ¿significa que necesitamos un mechero para secar la ropa? No, ¿verdad? Pero ¿por qué? ¿Cómo es que el agua de la ropa se evapora incluso a 25°C?

Este sencillo ejemplo es solo uno de los muchos que nos ayuda a entender el equilibrio químico.

Imaginemos dos frascos con agua como a continuación se muestran en la figura 10.1

Si ambos están a la misma temperatura, ¿por qué el agua se evapora más rápido en uno que en el otro? (La respuesta no puede ser “porque uno está tapado”. Eso no lo explica nada) ¿Por qué secamos nuestras manos (o cualquier otra cosa) más fácilmente con aire?

Para resolver este enigma, necesitamos pensar en las moléculas de agua y lo que les ocurre. En la superficie del agua (figura 10.2), algunas moléculas escapan hacia la fase gaseosa, mientras que al mismo tiempo, otras moléculas del gas regresan al líquido. La primera pregunta es ¿podemos ver directamente

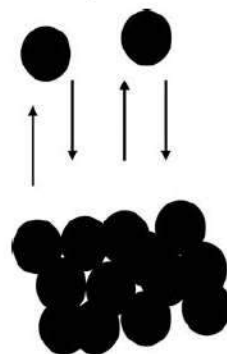


Figura 10.2 Proceso de evaporación-condensación.



Figura 10.3 Proceso de equilibrio dinámico en una escalera eléctrica

Piense en las escaleras eléctricas de un centro comercial (figura 10.3) ¿Alguna vez has intentado bajar por una escalera que sube, o subir por una que baja? El resultado, es decir, si logras subir o bajar, depende de qué tan rápido te muevas en comparación con la velocidad de la escalera.

¿Y si ambas velocidades se igualan? Un observador que está lejos (que no aprecia tu movimiento ni el de la escalera, la conclusión sería que simplemente está parado en la escalera perdiendo el tiempo... Pero no está parado ¿o sí? Estás en constante movimiento.

Lo mismo ocurre con las sustancias no podemos ver a las moléculas transformándose, y cuando se alcanza el equilibrio, parece que no pasara nada!

Pero, ¿cómo sabemos que las moléculas realmente están “trabajando” y no están simplemente quietas? Si un sistema dinámico está en equilibrio, no notamos cambios. Sin embargo, si lo perturbamos, es decir, si aplicamos un cambio y lo sacamos de su estado de equilibrio, entonces vemos que algo ocurre, lo que nos indica que, en realidad algo estaba sucediendo aunque no lo notáramos.

Por ejemplo, pensemos en la evaporación del agua. Si tiene un frasco con agua y lo cierra bien, ¿ve algún cambio? Esto se debe a que la velocidad a la que el agua se evapora es igual a la que se condensa. En este caso, el sistema está en equilibrio (DINÁMICO) (figura 10.4).

¿Qué sucede si abrimos la tapa del frasco e introducimos una corriente de aire mediante un abanico (figura 10.5)? Esto cambia la velocidad a la que las moléculas de gas entran a la fase líquida, haciéndola mucho más lenta. Como resultado, solo vemos que el agua se va evaporando, es decir, si perturbamos o alteramos una de las dos velocidades, aumentándola

te a las moléculas? ¡No, no podemos! Lo único que podemos observar es el resultado de lo que sucede con muchas moléculas al mismo tiempo.

Entonces, ¿qué esperaríamos observar si el número de moléculas que salen del líquido es mayor que el número de moléculas que regresan al líquido? Es decir, si el número de moléculas por segundo que se evaporan es mayor al número de moléculas por segundo que se condensan.

¿Qué cree que pasaría si la **velocidad** a la que las moléculas entran en el líquido es igual a la velocidad a la que salen? En este caso, no notaríamos ningún cambio, ¿verdad? A esto lo llamamos un sistema en equilibrio, cuando la velocidad de dos procesos opuestos, como la evaporación y la condensación, se igualan. Este es un ejemplo de lo que llamamos equilibrio dinámico.

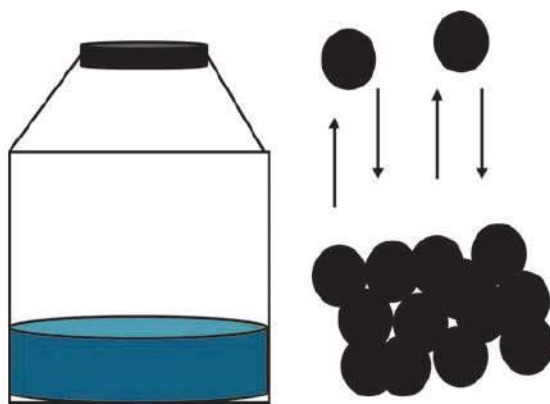


Figura 10.4 Frasco de agua cerrado en equilibrio dinámico

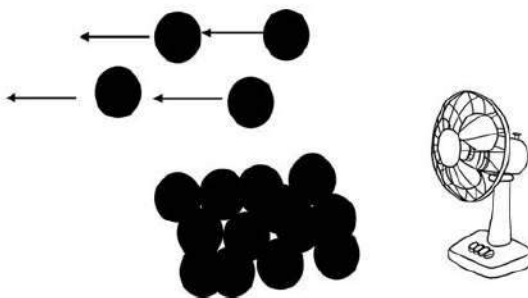


Figura 10.5 Corriente de aire sobre partículas de agua.

la o disminuyéndola, sacamos al sistema de su equilibrio y vemos un cambio. Por eso usamos aire para secar la ropa o la tendemos al sol.

Para el estudio de sistemas reaccionantes en los cuales se observa un equilibrio químico, debemos entender primero cuales son los factores que afectan la velocidad de una reacción química para entonces poder entender cómo afectan entonces estas variables a un sistema en equilibrio.

Pregunta: ¿Todas las reacciones químicas presentan equilibrio químico?

Respuesta: ¡NO! Solo algunas de ellas, pero son muchas y muy importantes

Las reacciones químicas que forman parte de equilibrios químicos se llaman reacciones **REVERSIBLES**, y las representamos con una doble flecha  $\rightleftharpoons$ . En cambio, las reacciones que no son reversibles (llamadas reacciones irreversibles) se representan con una sola flecha, como probablemente ya has visto.

Más adelante veremos qué condiciones debe cumplir un proceso para ser reversible. Pero primero, vamos a entender qué es la velocidad de una reacción, o lo que es lo mismo cinética química.

### 10.1.2 Cinética química

Considere la siguiente reacción química (figura 10.6).



Figura 10.6 Representación de una reacción química en fase gas.

La cual representa a dos sustancias, gaseosas en nuestro caso para no complicar las cosas, que producen una tercera sustancia gaseosa también. Ahora considere los siguientes recipientes que las contienen (figura 10.7)

¿En cuál de estos frascos ocurrirá la reacción química más rápidamente? ¿Por qué? Si, las preguntas parecen ingenuas pero sus implicaciones son muy importantes... En plenaria debate con la ayuda de su profesor

Es claro que SOLO en el frasco 3 ocurrirá la reacción, pues es necesario que las partículas reaccionantes colisionen y solo en el frasco 3 ocurre esto.

Ahora bien, considera los siguientes recipientes (figura 10.8). ¿En cuál de ellos consideras que la reacción ocurrirá más rápidamente? Sin en todos los recipientes anteriores contienen el mismo número de partículas reaccionantes, ¿por qué seleccionaste un recipiente en particular?

Es claro que las colisiones de las partículas no dependen del número de estas sino de su concentración. Debe ser claro que en el recipiente 5 las colisiones son más probables. Así, la velocidad de la reacción depende de la concentración de todas las sustancias que participen, si falta una (como en los recipientes 1 y 2) la reacción no procede. Matemáticamente podemos expresar esto como una proporción.

"La velocidad de reacción es proporcional al producto de las concentraciones de los reactivos"

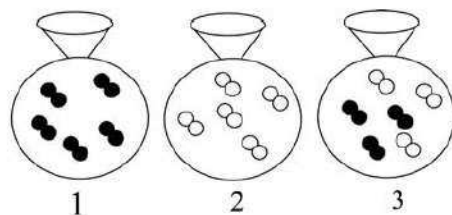


Figura 10.7 Tres recipientes con moléculas de gaseosas diatómicas.

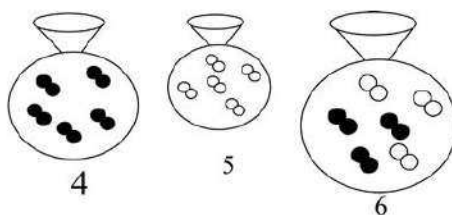
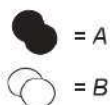


Figura 10.8 Tres recipientes de diferente volumen  $V_4 > V_5$  cada uno con un par moléculas diatómicas diferentes

Para hacer más sencillo el tratamiento matemático vamos a usar los siguientes símbolos



Por lo tanto:  $[A]$  = concentración del reactivo A y  $[B]$  = concentración del reactivo B y  $V$  = velocidad de la reacción química. Por lo que el enunciado de “La velocidad de reacción es proporcional al producto de las concentraciones de los reactivos” se puede escribir como  $V \propto [A][B]$

Como aprendiste en la asignatura de pensamiento matemático I, se suele reemplazar el símbolo de proporcionalidad ( $\propto$ ) por una constante ( $k$ ) entonces se tiene que:

$$V = k [A][B]$$

Debemos ser cuidadosos con la siguiente observación

¿Qué pasa cuando calentamos una reacción química? ¿Esta ocurre más lentamente o más rápido?

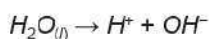
Por lo tanto, la reacción química ocurre más rápidamente al incrementar la temperatura ¿Por qué?

Esto tiene que ver con dos factores que se favorecen al incrementar la temperatura: uno está muy relacionado con el número de colisiones por segundo. Si aumentamos la temperatura de una reacción, las partículas se mueven más rápidamente, (aumentan su velocidad) y con ello aumentan la frecuencia de las colisiones

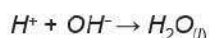
La segunda, y más importante, es la energética de la reacción. Este tema requiere discutirse con mucho detalle por lo que lo abordaremos en la siguiente progresión.

## 10.2 Ley de acción de masas

Aunque no siempre se puede percibir claramente, todas las reacciones químicas pueden suceder en dos direcciones: de los reactivos a los productos, pero también de los productos a los reactivos. Por ejemplo, en toda muestra acuosa ocurre espontáneamente la reacción de ionización del agua

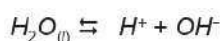


Desde luego que, una vez formados los dos iones es perfectamente posible que vuelvan a formar una molécula de agua, atraídos por sus cargas opuestas



Así, en el agua común y corriente tenemos normalmente las tres especies, tanto moléculas  $H_2O$ , como iones  $H^+$  y  $OH^-$ . En esta progresión nos interesa conocer de qué depende que haya mayor o menor proporción de cada una de estas especies.

Por convencionalismo, cuando ocurre este tipo de procesos químicos bidireccionales se acostumbra a usar una flecha doble.



Aunque al parecer no sucede ninguna reacción en un vaso de agua, ello es falso. Continuamente se disocian moléculas y se reúnen iones. A nivel microscópico el agua no es perfectamente estable; sin embargo,

**En el equilibrio, las reacciones en ambas direcciones ocurren a la misma velocidad.**

Es decir, por cada molécula de agua que forma dos iones, tiene lugar la unión de dos iones para formar una molécula. Entonces, existe un equilibrio dinámico en el que las cantidades de  $H_2O$ ,  $H^+$  y  $OH^-$  permanecen constantes en todo momento.

De otra forma, cuando este sistema químico está en equilibrio, la cantidad de moléculas de H<sub>2</sub>O es constante, lo mismo que la cantidad de iones H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup>, por cada unidad de volumen. Por tanto, el cociente K<sub>c</sub> para esta reacción también es una constante, llamada **constante de equilibrio**:

$$K_c = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}_{eq} = 1.8 \times 10^{-16} \dots\dots\dots (1)$$

Los paréntesis cuadrados indican la concentración de cada especie, expresada como número de moléculas por unidad de volumen o, más frecuentemente, como número de moles por unidad de volumen. El valor pequeño de esta constante de equilibrio nos revela que las concentraciones de los productos son mucho menores que la del reactivo.

De esta manera, en un litro de agua tenemos prácticamente sólo moléculas de H<sub>2</sub>O. Como cada mol de agua tiene una masa de 18 g (18 mL), hay (1000 g/18g/mol) = 55.5 mol de agua en un litro.

Entonces, sustituimos [H<sub>2</sub>O] por 55.5 mol/L en la ecuación (1), e igualamos [H<sup>+</sup>] = [OH<sup>-</sup>] debido a que cada vez que se forma un ion se forma el otro, tenemos que:

$$[H^+][OH^-] = [H^+]^2 = K_c [H_2O] = (1.8 \times 10^{-16}) \left( 55.5 = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) = 1 \times 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

de donde

$$[H^+][OH^-] = [H^+]^2 = 1 \times 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

$$[H^+] = \sqrt{1 \times 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}} = 1 \times 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Así pues, en diez millones de litros de agua se tiene apenas un mol de iones [H<sup>+</sup>] y un mol de iones [OH<sup>-</sup>]. Piensa que para contener esa cantidad de agua se necesitaría un cubo enorme, de 21 metros de lado.

Resumamos lo anterior. En un litro de agua hay:

- 55.5 moles de H<sub>2</sub>O
- 1/10 000 000 moles de H<sup>+</sup>
- 1/10 000 000 moles de OH<sup>-</sup>

### Actividad 10.2

Revisa la siguiente cuestión y contesta las preguntas que se abordan.

Abordemos el siguiente ejemplo, en un baile tradicional de la escuela se tiene un total de 50 hombres y 50 mujeres por salón. Una vez que inicia el baile y en el mejor momento de la fiesta se forman un total de 44 parejas por salón, es decir 6 hombres y 6 mujeres por salón no formaron parejas. Si a este baile le damos un tratamiento desde el punto de vista de equilibrio químico tenemos que:

La concentración inicial de hombres por salón es  $[H] = 50 \frac{\text{hombres}}{\text{salón}}$

La concentración inicial de mujeres por salón es  $[M] = 50 \frac{\text{mujeres}}{\text{salón}}$

Cantidad de parejas antes de iniciar el baile  $[P] = 0 \frac{\text{parejas}}{\text{salón}}$

Podemos escribir la reacción de formación de parejas de la siguiente forma:



En el mejor rato de la fiesta tenemos que:

$$[P] = 44 \frac{\text{parejas}}{\text{salón}}, [H] = 6 \frac{\text{hombres}}{\text{salón}}, [M] = 6 \frac{\text{mujeres}}{\text{salón}}$$

Para el ejemplo del baile podemos escribir la ley de acción de masa como:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{parejas}]}{[H][M]}$$

Aunque la cantidad de parejas permanece constante, las parejas pueden no ser las mismas todo el tiempo, también se podría llevar a cabo la reacción inversa.



¿De cuántas formas distintas se pueden formar parejas entre H y M? Argumenta.

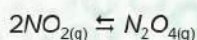
¿De qué depende la concentración de las parejas en el equilibrio?

### Actividad 10.3

#### Experimento de aula.

Previamente el profesor deberá realizar los pasos 1 y 2 para llevar el gas  $\text{NO}_2$  al aula de clase.

Con la ayuda de su profesor estudie la reacción de dimerización de  $\text{NO}_2$  en fase gas, es decir:



1. Para la producción de  $\text{NO}_2$  un gas de color marrón oscuro se parte de la reacción de cobre con ácido nítrico, que además genera agua. Escriba la reacción química balanceada con base en sus conocimientos de la progresión 1.

Hay que tener mucho control para la producción de  $\text{NO}_2$ , debido a que es un gas altamente tóxico. **Favor de hacerlo en condiciones de laboratorio.**



Figura 10.9 Montaje para atrapar  $\text{NO}_2$ .



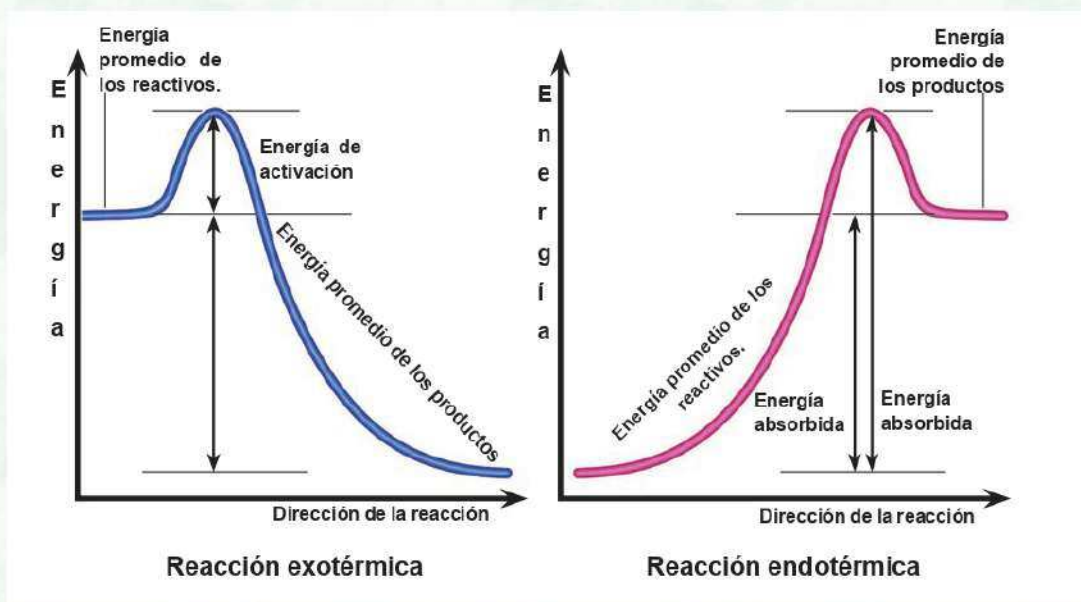
- Una vez producido el gas color marrón habrá que atraparlo en tres recipientes tapados como se muestra en la figura 10.10.



Figura 10.10 Montaje para la producción de  $\text{NO}_2$ .

- Ahora a estos tres recipientes que tienen mantienen atrapado el  $\text{NO}_2$  los vamos a marcar y a someter a dos temperaturas diferentes. El recipiente número 1 servirá de testigo.
- El recipiente número 2 se pondrá en una cubeta o recipiente de agua con hielo.
  - ¿Qué observas?
  - ¿Existe cambio de calor?
  - ¿A qué se debe?
- Mientras que el recipiente número 3 será calentado en una placa o mechero.
  - ¿Qué observas?
  - ¿Existe cambio de calor?
  - ¿A qué se debe?
- Debatan en plenaria con la ayuda de su profesor.

Los procesos químicos, sus velocidades y si requieren energía o la liberan, pueden entenderse en términos de colisiones de átomos o moléculas y reordenamiento de átomos para formar distintas sustancias, con los consiguientes cambios en la suma de las energías de enlace de todas las moléculas y los cambios correspondientes en la energía cinética.



## Progresión de aprendizaje 11

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
CT7. Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

En la progresión anterior recordarás que la velocidad de una reacción se expresa en términos de la concentración de los reactivos. En el caso que estamos analizando se expresa como:

$$v = k[A][B]$$

Al estudiar la cinética de una reacción o de un proceso, el estudio de qué tan rápido ocurre, es necesario conocer la energía involucrada en el proceso de forma detallada. El estudio del intercambio de energía de los procesos fisicoquímicos compete a una rama conocida como termodinámica, que estudiarás a profundidad en los próximos semestres. Por lo pronto basta con mencionar algunos puntos importantes

Es probable que hayas oído los términos exotérmico y endotérmico, estos se refieren, respectivamente a procesos que al ocurrir liberan o absorben energía. En termodinámica estos procesos se distinguen por el valor de la entalpía ( $\Delta H$ ) del proceso:

- Si el  $\Delta H$  tiene un valor positivo (proceso endotérmico) la energía entra a nuestro sistema y como consecuencia, éste aumenta su energía, por ejemplo, al levantar una cubeta, esta tiene más energía arriba que abajo.
- Si el  $\Delta H$  tiene un valor negativo la energía sale de nuestro sistema y este disminuye su energía. Al dejar caer la cubeta, esta pierde su energía alcanzando una condición de mayor estabilidad, es decir, la cubeta es más estable en el piso que arriba de una escalera.

En realidad hay otros parámetros termodinámicos más apropiados para describir la estabilidad de un sistema ( $\Delta G$ ) pero en este momento la aproximación de  $\Delta H$  es suficiente.

Cuando pensamos en reacciones que producen energía (exotérmicas), por ejemplo, quemar una hoja de papel, esto es, la reacción entre la celulosa y el oxígeno atmosférico, es una reacción que produce energía (una fogata es prueba de ello) ¿por qué necesitamos un cerillo o una chispa? Para entender esto requerimos del análisis del perfil energético de la reacción (figura 11.1):

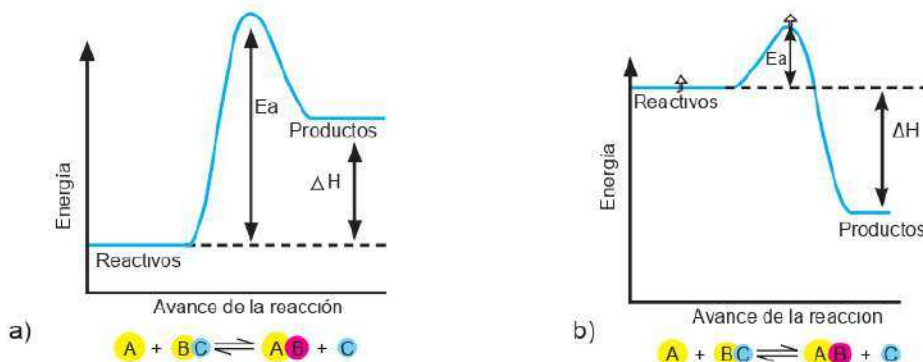


Figura 11.1 Perfiles energético de reacción endotérmica (a) y exotérmica (b). Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Toda reacción química presenta alguno de estos dos perfiles. La combustión del papel está representada por el perfil energético del lado izquierdo. Observa que para llegar desde reactivos hasta productos, es necesario vencer una energía, llamada energía de activación ( $E_a$ ). Esta energía es sumamente importante. Toda reacción química sin importar si es endotérmica o exotérmica debe vencer esta energía de activación para poder llevarse a cabo.

Esta energía de activación es la que determina si una reacción, a pesar de ser termodinámicamente favorable, se lleva a cabo de forma apreciable o no. La combustión de la celulosa tiene una energía de activación muy alta (afortunadamente) si no fuera así, los árboles no existirían. Todas las reacciones que ocurren en cuanto mezclas los reactivos, por ejemplo, la que ocurre entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio. Aquí es relevante destacar que, tienen una energía de activación, pero ésta es muy pequeña y la energía que proporciona el medio ambiente es suficiente para vencerla.

Este perfil energético es de suma importancia en el estudio del equilibrio químico estudiado en progresiones anteriores

### Actividad 11.1

Mediante el siguiente simulador explora una serie de conceptos asociados a las velocidades de reacción por medio del siguiente enlace:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

1. Con base en la siguiente figura después de realizar el tiro, ¿qué piensa que va a suceder?

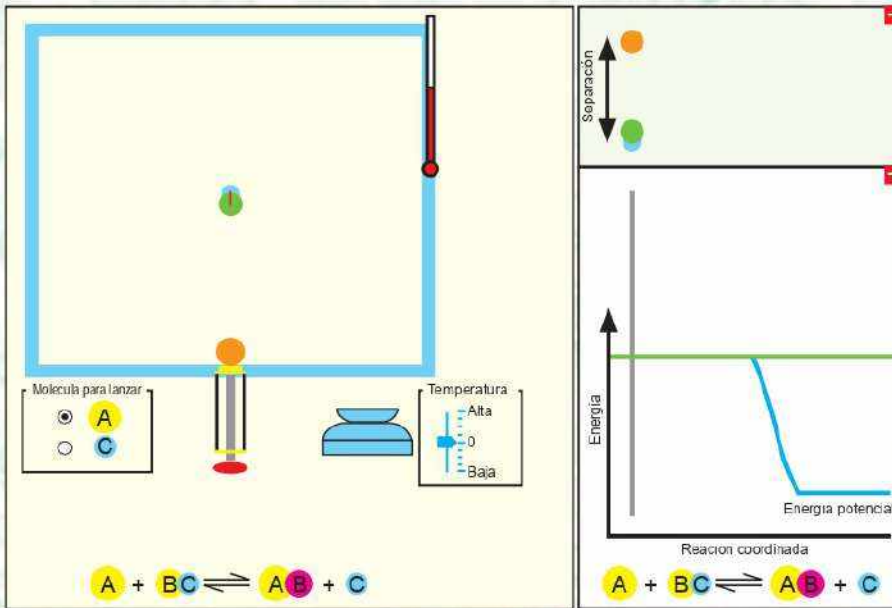


Figura 11.2 Sistema de reacción entre A y BC. Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>.

Argumenta

2. Dale un muy pequeño empuje a la partícula amarilla, (figura 11.3) ¿Sucede una reacción química?  
¿Si o No?

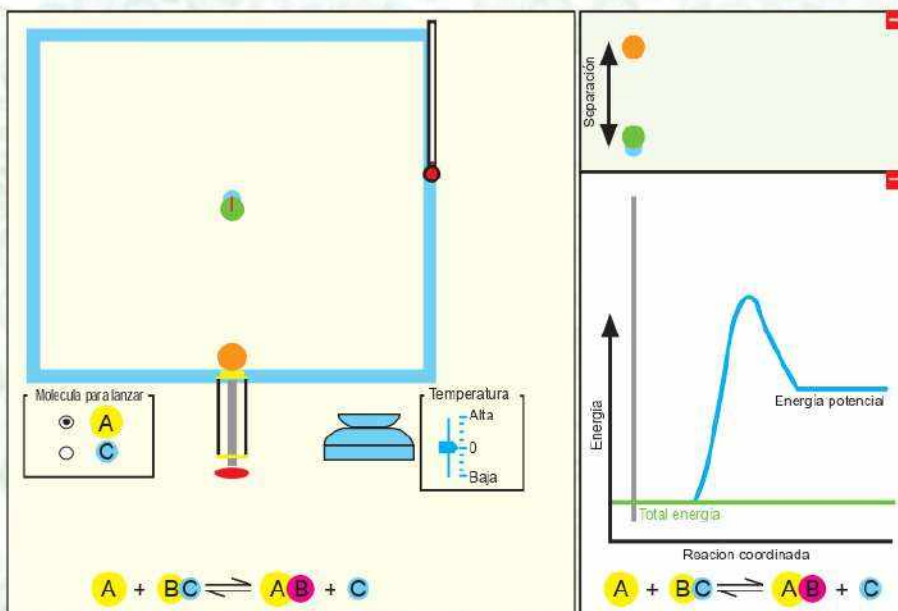
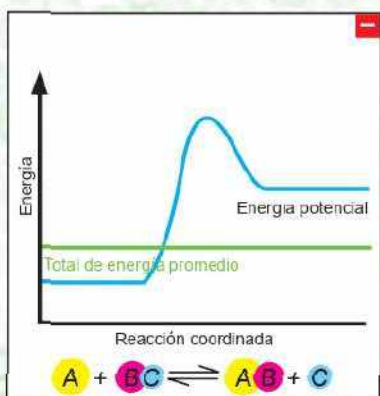


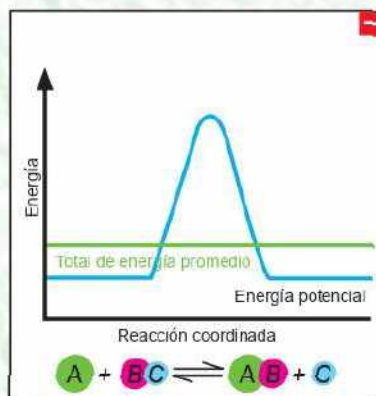
Figura 11.3 Sistema de reacción entre A y BC. Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>.

Argumenta

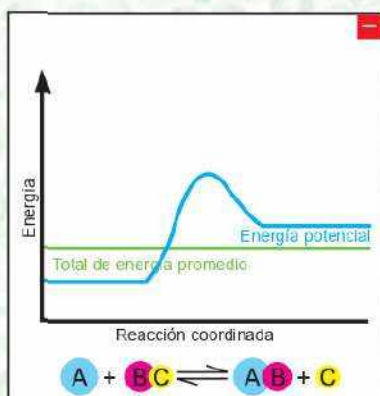
3. ¿Cuál de las siguientes reacciones (figura 11.4) será más rápida con base en las condiciones mostradas?



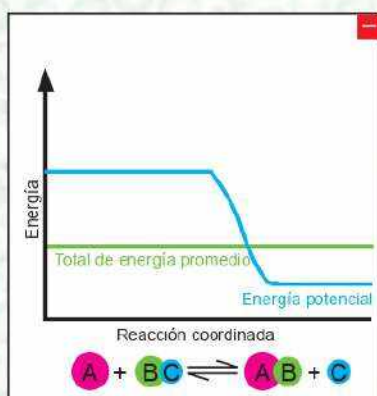
a)



b)



c)



d)

Figura 11.4 Diagramas de reacción. Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Argumenta.

4. ¿Con las condiciones planteadas en la figura 11.5, después de unos minutos qué habrá en el contenedor?

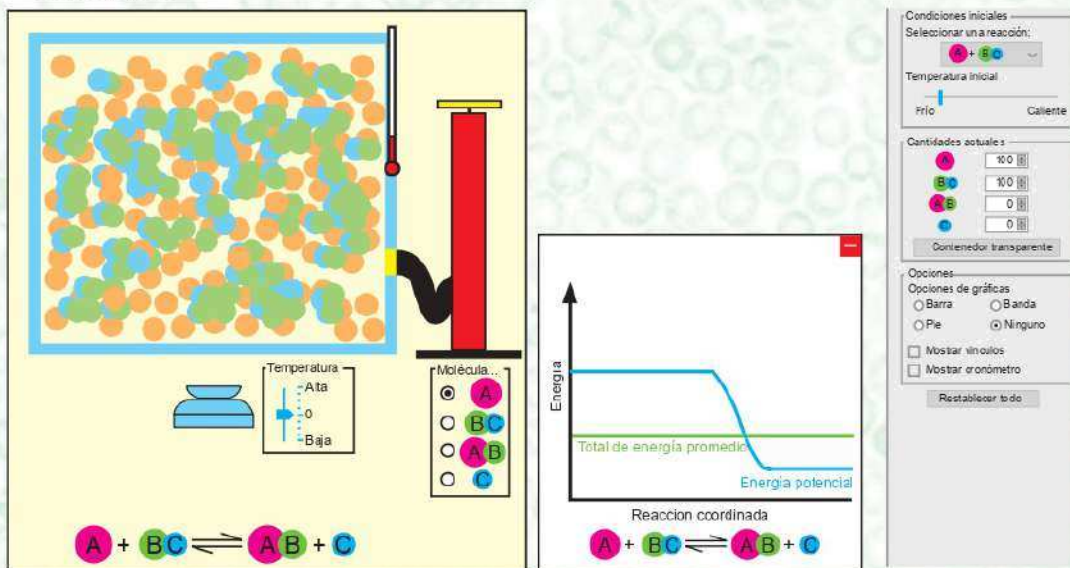
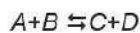


Figura 11.5 Sistema de reacción A + BC. Fuente: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>.

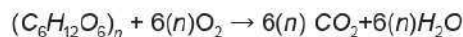
De acuerdo a lo anterior, elige la respuesta correcta.

- A) Una mezcla de las sustancias AB y C solamente.
- B) Una mezcla de las sustancias A y BC solamente.
- C) Una mezcla de las cuatro sustancias, pero AB y C en mayor cantidad.
- D) Una mezcla de las cuatro sustancias, pero A y BC en mayor cantidad.

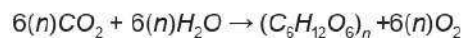
De acuerdo a lo abordado en la progresión, usamos el término de reacción o proceso reversible como la condición que debe cumplirse para poder hablar de equilibrio químico. ¿Qué es una reacción reversible? Una forma común (aunque incorrecta) de definir una reacción reversible es cuando, a partir de las sustancias que llamamos productos de reacción, estos reaccionan entre sí generando los reactivos que les dieron origen, de ahí que el equilibrio químico se representa con dos flechas de reacción:



Considera nuevamente la combustión de la celulosa que es un polímero de glucosa



Este proceso es claramente irreversible ¿verdad? No podemos, a partir de  $CO_2$  y agua obtener nuevamente celulosa ¿o sí? El proceso inverso.



Lo llevan a cabo las plantas todo el tiempo a través de la fotosíntesis, ¿entonces estos procesos pueden considerarse como reversibles? **NO**.

Para que un proceso sea reversible el mecanismo de la reacción que es algo así como el “camino de la reacción”, debe ser el mismo cuando se transita de reactivos a productos y viceversa.

En el caso de la fotosíntesis, esta se lleva a cabo por una ruta completamente distinta a la de la combustión, por eso estas dos reacciones no pueden considerarse como parte de un equilibrio químico.

Para ilustrar el punto anterior considera la reacción de formación de  $\text{HBr}_{(g)}$  a partir de  $\text{H}_{2(g)}$  y  $\text{Br}_{2(g)}$  (figura 11.6)

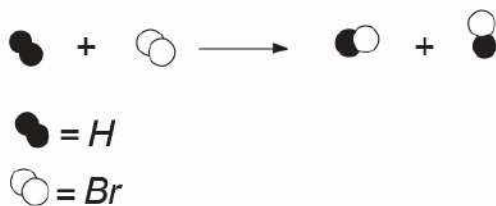


Figura 11.6 Esquema de reacción entre  $\text{H}_2$  y  $\text{Br}_2$

Cuando una partícula de  $\text{Br}_2$  colisiona con una partícula de  $\text{H}_2$  se forma una especie intermedia que al romperse puede generar dos partículas de  $\text{HBr}$ , si al romperse lo hace por la línea roja (figura 11.7).

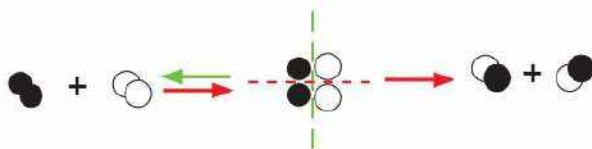


Figura 11.7 Esquema de formación de intermediario

Claramente las partículas de  $\text{HBr}$  generadas, también pueden colisionar entre ellas de acuerdo con el siguiente esquema (figura 11.8).

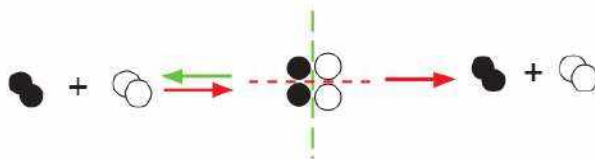


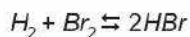
Figura 11.8 Esquema de colisiones

Si el intermediario se rompe por la línea verde genera  $\text{H}_2$  y  $\text{Br}_2$ , mientras que si lo hace por la línea roja regenera los reactivos. En este caso todas estas sustancias están relacionadas por el mismo camino de reacción (figura 11.9)



Figura 11.9 Esquema de formación de intermediario.

Por lo que, en esta reacción, dado que todo el tiempo las partículas están colisionando y transformándose constantemente (de derecha izquierda y de izquierda a derecha) se establece un equilibrio químico que representamos por la siguiente ecuación





Considerando el perfil energético de esta reacción (figura 11 10)

La velocidad de la reacción entre el  $H_2$  y  $Br_2$  la habíamos escrito antes como función de la concentración de las partículas que colisionan:

$$V_1 = K_1 [H_2] [Br_2]$$

En el caso de la velocidad de reacción del HBr haremos lo mismo, en este caso se requiere la colisión de dos partículas de HBr por lo que la ecuación de velocidad será:

$$V_2 = K_2 [HBr] [HB] = k_2 [HBr]^2$$

Donde  $k_1 \neq k_2$

¿Por qué  $k_1$  (reacción hacia la derecha) es diferente de  $k_2$  (reacción hacia la izquierda)? Si analiza el perfil energético, observaría que debe ser claro que la energía que necesitan las partículas de  $H_2$  y  $Br_2$  para alcanzar la cima (lo que conocemos como estado de transición) es mucho menor en comparación de la que necesitan las partículas de HBr para hacerlo ( $E_{a2} > E_{a1}$ ). Esto hace que, en las mismas condiciones de temperatura y considerando la misma concentración de todas las partículas involucradas, muchas partículas de  $H_2$  y  $Br_2$  puedan alcanzar este estado de transición en comparación al número de partículas de HBr que pueden hacerlo.

Es muy importante recalcar que la ley de velocidad se determina de manera experimental, es decir se requiere de datos que se han recabado en un laboratorio y no siempre son expresiones de leyes de potencia

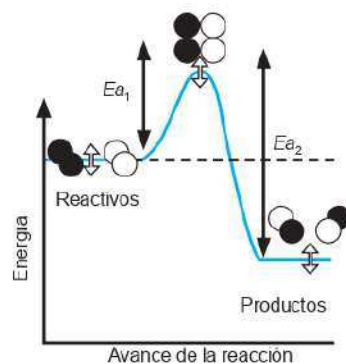


Figura 11 10 Perfil energético de reacción

## Actividad 11.2

En equipo y con la ayuda de su profesor resuelvan las siguientes preguntas planteadas.

1. Con base en la reacción  $H_2$  y  $Br_2$  se tiene la expresión  $v = k_1[H_2] [Br_2]$  ¿Qué unidades tiene sabiendo que las unidades de la velocidad de reacción  $v$  son de  $\frac{mol}{L \cdot s}$  ?
2. La ley de velocidad en forma de ley de potencias se puede poner de manera general como  $v = k[A]^n$  donde  $n$  es el orden de la reacción química y es entero positivo, ¿qué unidades tendrá  $k$ ?
3. ¿Qué variables se pueden ajustar para hacer una reacción más rápida?
4. ¿Cuál es la diferencia entre rapidez promedio y rapidez instantánea? ¿Cuál de las dos rapidezces proporciona una medida sin ambigüedades de la rapidez de una reacción? ¿Por qué?
5. ¿Qué sucede cuando la concentración de los reactivos en una reacción aumenta?
  - a) La velocidad de la reacción disminuye.
  - b) La velocidad de la reacción aumenta.
  - c) No cambia la velocidad de la reacción.
  - d) Se detiene la reacción.

6. ¿Cuál de los siguientes factores NO afecta la velocidad de una reacción química?
- La concentración de los reactivos.
  - La temperatura.
  - El color de los reactivos.
  - El uso de un catalizador
7. ¿Qué significa que una reacción esté en “equilibrio”?
- Los productos se están formando más rápido que los reactivos.
  - Los reactivos se están consumiendo más rápido que los productos.
  - La velocidad de formación de productos es igual a la de consumo de reactivos.
  - No hay más reactivos disponibles.

### Consideremos el siguiente experimento mental

Tenemos la intención de producir  $\text{HBr}_{(g)}$ , por lo que con cuidado llenamos un matraz con  $\text{H}_{2(g)}$  y  $\text{Br}_{2(g)}$ . La concentración inicial de cada uno de ellos es 1 mol/L a la que denominaremos  $[\text{H}_2]_0$  y  $[\text{Br}_2]_0$  como condiciones iniciales, recuerda que el corchete [ ] indica que la concentración está en mol/L.

El inicio de la reacción la velocidad de producción de HBr será:

$$v_1 = k_1 [\text{H}_2]_0 [\text{Br}_2]_0$$

¿Qué sucederá con la velocidad  $V_1$  a medida que va avanzando la reacción? ¿Qué sucede con las concentraciones de  $\text{H}_2$  y  $\text{Br}_2$ ? Debe ser claro que, como la velocidad depende de la concentración de las partículas, a medida que avanza la reacción, la concentración de  $\text{H}_2$  y  $\text{Br}_2$  va disminuyendo paulatinamente, por lo que  $V_1$  también va disminuyendo.

¿Y  $V_2$ ? ¿Qué podemos decir de la velocidad de reacción del  $\text{HBr}_{(g)}$ ? al inicio de nuestro proceso,  $[\text{HBr}]_0 = 0$ , en nuestro matraz no pusimos nada de HBr, entonces

$$v_2 = k_2 [\text{HBr}]_0 = 0$$

Sin embargo, a medida que la reacción avanza y comenzamos a producir HBr, gradualmente  $V_2$  comienza a incrementarse. ¿Qué podemos esperar en esta parte del proceso? En los primeros estados de la reacción  $V_1$  es significativamente mayor que  $V_2$ . Considera la siguiente representación gráfica (figura 11.11)

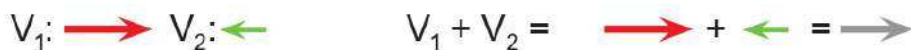


Figura 11.11 Representación gráfica de las velocidades de reacción

En la primera parte del proceso lo que observamos es la resultante de dos procesos opuestos, y macroscópicamente observamos que tanto el  $\text{Br}_2$  como el  $\text{H}_2$  van disminuyendo su concentración. Ojo: Poco después de iniciada la reacción (después del tiempo 0, cuando la reacción inicia) el  $\text{Br}_2$ , y el  $\text{H}_2$  están siendo producidos por el HBr, sin embargo, la producción de estos reactivos, simbolizada por  $V_2$  es menor que la velocidad de su consumo (simbolizada por  $V_1$ ). Lo que nosotros macroscópicamente observamos es el resultado de estos dos procesos.

¿Qué sucederá a medida que la reacción avanza?

Como podrás intuirlo, debido a que  $V_1$  va disminuyendo a medida que los reactivos se consumen y al mismo tiempo  $V_2$  va aumentando también gradualmente en virtud al incremento de la concentración de HBr, llegará un punto en el que ambas velocidades se igualen (figura 11.12).

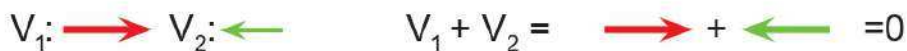


Figura 11.12 Esquema de velocidades de reacción en el equilibrio

En este punto, cuando ambas velocidades se igualan, ya no observamos cambios en el sistema lo cual no quiere decir que no ocurra nada, ¿recuerde lo que sucedía cuando subía la escalera eléctrica a la misma velocidad que esta bajaba?

En este punto (cuando las velocidades se igualan) el sistema ha alcanzado el equilibrio. Por lo que las concentraciones de todas las especies involucradas permanecen constantes, lo cual no quiere decir que no estén reaccionando todo el tiempo. Observe las siguientes gráficas que ilustran tanto las velocidades de reacción, así como las concentraciones de las especies en función del tiempo (figura 11.13).

*En resumen podemos hacer algunas observaciones importantes:*

En nuestra reacción la concentración inicial de hidrógeno y bromo eran iguales, además, según la estequiometría de la reacción cada molécula de bromo reacciona con una molécula de hidrógeno, esto significa que ambas sustancias disminuyen su concentración a la misma velocidad y, por lo tanto, la línea roja representa a ambas sustancias. Adicionalmente observa que en el equilibrio la concentración de los productos (HBr en este caso), NO ES IGUAL a la concentración de los reactivos. (resalto lo anterior pues es un error conceptual muy común en los alumnos principalmente, debido al uso de la palabra "equilibrio") en el equilibrio lo único que sabemos es que las concentraciones no varían, en este caso la especie predominante en el equilibrio es el HBr, ya que es la especie más estable.

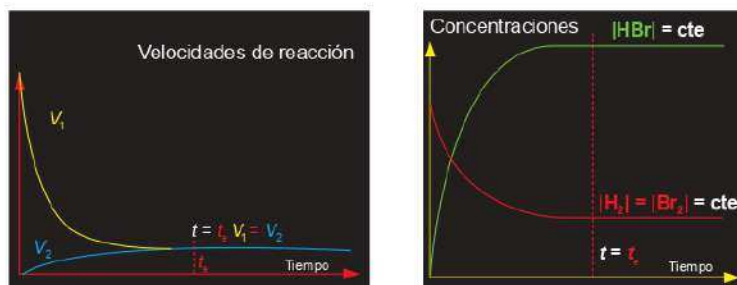


Figura 11.13 Gráfica de velocidad de reacción contra tiempo, cuando  $t = t_e$

En ambas gráficas el equilibrio (figura 11.13) se alcanza después de transcurrido cierto tiempo (cuando  $t = t_e$ ) después de lo cual ya no se observan cambios en el sistema a pesar de que ambas reacciones sigan ocurriendo. La condición más importante en un sistema en equilibrio es que la velocidad de ambas reacciones se iguala y permanece así mientras no se perturbe el sistema, lo cual estudiaremos en otra lectura. Esta condición  $V_1 = V_2$  nos permite hacer las siguientes inferencias:

$$\text{Como } v_1 = k_1 [H_2][Br_2] \text{ y } v_2 = k_2 [HBr]^2$$

En el equilibrio  $V_1 = V_2$  entonces:

$$k_1 [H_2][Br_2] \text{ y } v_2 = k_2 [HBr]^2$$

Reordenando.

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \text{cte} = K_{eq}$$

Tanto  $k_1$  como  $k_2$  son constantes que sólo se modifican con la temperatura, por lo que su cociente también lo es. A este valor lo conocemos como la constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ) y su valor no se modifica es constante a menos que se modifique la temperatura

### Actividad 11.3

En equipo y con ayuda de su profesor, conteste en su cuaderno las siguientes preguntas.

1. Para una reacción hipotética:  $A + B \rightarrow C + D$ , en unas condiciones determinadas, la energía de activación de la reacción directa es 90 kJ/mol, mientras que la energía de activación de la reacción inversa es 55 kJ/mol.
  - a) Represente, en un diagrama energético, las energías de activación de la reacción directa e inversa.
  - b) La reacción directa, ¿es exotérmica o endotérmica? Razone la respuesta.
  - c) Indique cómo influirá en la velocidad de reacción la utilización de un catalizador.
2. Con base en la siguiente gráfica contesta lo siguiente.



Figura 11.14 Diagrama de reacción

- a) Indique si la reacción es exotérmica o endotérmica.
  - b) Represente el valor de  $\Delta H$  de reacción.
  - c) Represente la curva de reacción al añadirle un catalizador positivo
  - d) ¿Qué efectos produce el añadir un catalizador?
3. La siguiente figura muestra el diagrama de energía para el sistema de reacción.

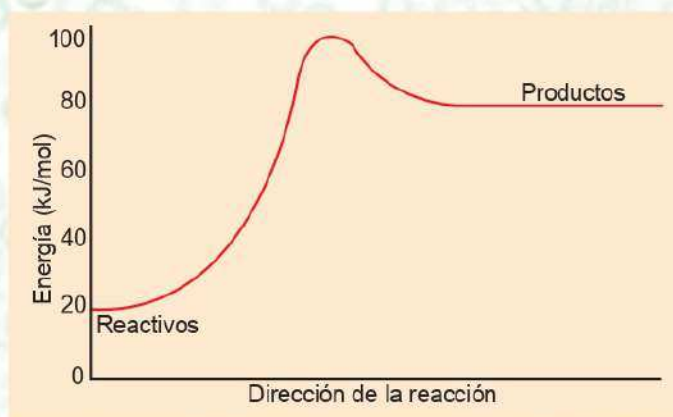
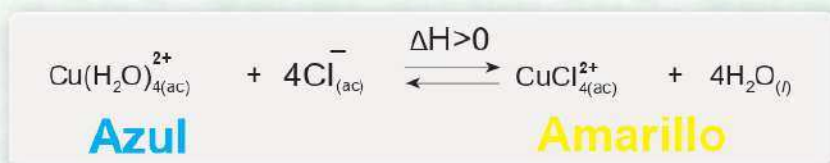


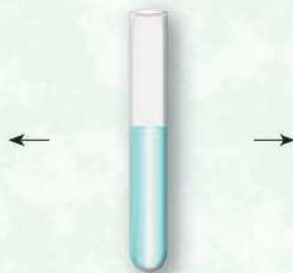
Figura 11.15 Diagrama de reacción para el sistema  $A + B = C + D$

- a) ¿Cuánto vale la energía de activación para esta reacción?
- b) ¿Se trata de una reacción endotérmica o exotérmica?
- c) Represente la curva de reacción al añadirle un catalizador positivo.

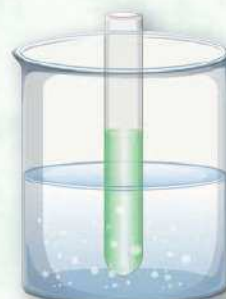
Si un sistema en equilibrio es perturbado, el sistema evoluciona para contrarrestar dicha perturbación, llegando a un nuevo estado de equilibrio.



Baño de hielo  
(el equilibrio se desplaza hacia la izquierda)



Estado de equilibrio



Agua caliente (el equilibrio se desplaza hacia la derecha)



## Progresión de aprendizaje 12

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
CT7. Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema

Como ya abordaste en la progresión 10, el equilibrio es algo que se logra después de llegar a una igualdad entre los potenciales químicos, entonces ¿qué factores pueden alterar el equilibrio cuando este ya se ha alcanzado? Por ello, ya sabes que, los cuerpos están en constante movimiento y cambio, sin embargo, estos en algún momento deben encontrar un estado de equilibrio, hasta que son perturbados dejan de estar en equilibrio. Los factores que afectan el equilibrio de un sistema son la concentración de reactivos y productos, la presión a la que se encuentran las reacciones, otro factor importante y del cual ya se habrá dado cuenta es la temperatura, los catalizadores, estos quizá sean aún desconocidos para usted, y por último, pero no menos importante, es el volumen y más importante es si la muestra que se está trabajando es de gas.

## 12.1 Factores que afectan el equilibrio

Cualquier cambio puede hacer que el equilibrio se desplace hacia la izquierda o hacia la derecha y la reacción no ocurra como se esperaba, sino que esta alteración haga que se obtenga menos o más producto del que se espera. Cualquier alteración en una reacción hace que la balanza se incline y no permanezca en equilibrio, algunas variables pueden ser controladas mediante dispositivos de control, como son la presión, la temperatura, el volumen e incluso la concentración. En esta progresión trataremos de llevarlo de la mano para comprender un poco más sobre cómo se altera el sistema que estaba en equilibrio al cambiar cada una de las variables mencionadas.

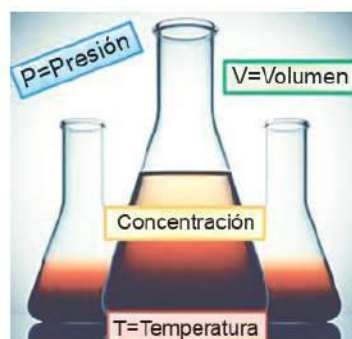


Figura 12.1 Factores que afectan el equilibrio de una reacción.

### Principio de Le Châtelier

Quizá su maestro ya le habló sobre este principio en alguna de las progresiones anteriores y aún lo recuerda, pero quizá no, así que, diremos que este principio es una regla general que nos ayuda a predecir de alguna manera en qué dirección o sentido se moverá una reacción que estaba en equilibrio cuando existe un cambio de alguna de las variables: concentración, presión, volumen o temperatura. Este principio dice que “si se presenta una perturbación externa sobre un sistema en equilibrio, el sistema se ajustará de tal manera que se cancele parcialmente dicha perturbación en la medida que el sistema alcanza una nueva posición de equilibrio”.

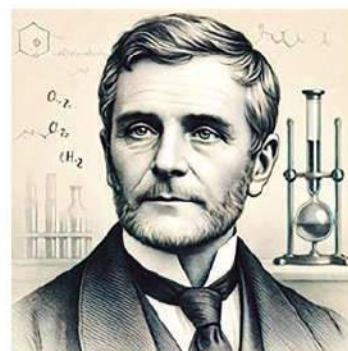
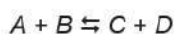


Figura 12.2 Henn-Louis Le Châtelier

### Variación de la concentración

Cualquier cambio de concentración en los reactivos y/o productos pueden desplazar el equilibrio de una reacción hacia la derecha o hacia la izquierda.

Ahora cómo modificar el equilibrio alterando la concentración. Explicado desde el principio de Le Châtelier, vamos a iniciar con el ejemplo, imagine que tiene una reacción general descrita como 1 mol del compuesto A más 1 mol de compuesto B en equilibrio para dar 1 mol del compuesto C más 1 mol de compuesto D:



Para esta reacción que está en equilibrio, la constante de equilibrio (K) en función de la concentración sería:  $K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]}$ , ahora nos apoyaremos del principio de Le Châtelier para explicar lo que ocurre cuando alteramos la concentración de alguna de las especies de la reacción, partiendo de que la constante de equilibrio no va a cambiar su valor para este caso, porque solo estamos alterando la concentración, para esta situación la constante tendrá un valor y este no va a cambiar, cuando uno de los valores cambia, los

otros entran en un reacomodo o reordenamiento para que el valor de la constante siga siendo el mismo que se tenía al principio cuando la reacción estaba en equilibrio.

Una vez que se alcanza el equilibrio, vamos a suponer que el valor de la constante de equilibrio es 3, es decir el valor de la multiplicación de C por D es igual a 3 y la multiplicación de A por B es 1 entonces tenemos que.

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{3}{1}$$

Ahora vamos a alterar el equilibrio de la reacción, variando la concentración de los productos C y D, incrementando la concentración de C al doble. Ahora en el numerador tendríamos el doble, entonces el denominador debe cambiar su valor para que la constante de equilibrio conserve el valor de 3, así que el denominador debe tener ahora el valor de 2;

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{6}{2} = 3$$

En términos de reacción o balance de materia se explica de la siguiente manera: si se incrementa el numerador de 3 a 6, entonces el valor del denominador también debe aumentar el doble para que la constante conserve el mismo valor que al inicio. Es decir, que si alteramos la concentración en cualquiera de los lados de la ecuación desplazamos el equilibrio hacia el lado opuesto, por lo tanto, si se desea obtener más producto y se quiere que el equilibrio se desplace hacia la derecha, entonces se debe aumentar la concentración de los reactivos y viceversa.

## Variación de la presión

Recuerda que en la progresión 3 de La Materia y sus Interacciones, abordó el tema de gases, su comportamiento y propiedades, ahí le hablaron de un concepto muy importante llamado **presión**, este se origina por el constante movimiento de los gases en este caso, a nivel molecular, la presión del aire se produce debido a choques entre las moléculas del aire contra cualquier superficie con la que entran en contacto. Estos cambios en la presión normalmente no alteran las concentraciones de los componentes reactivos en fase condensada (disolución acuosa), por ser incompresibles, sin embargo, las concentraciones de los gases son más susceptibles a las variaciones de presión. Recordemos nuevamente la expresión para los gases ideales:

$PV = nRT$ , de esta despejamos y dejamos solo la presión del lado izquierdo

$$P = \left(\frac{n}{V}\right)RT$$

Debes notar que la P y V tienen una relación de proporcionalidad inversa: significa que, a mayor presión, menor volumen y viceversa. Observa también que el término  $\left(\frac{n}{V}\right)$  es la concentración del gas en mol/L, este valor cambia directamente con el cambio de presión.

Suponiendo el sistema en equilibrio:



Está dentro de un cilindro acoplado a un émbolo móvil. ¿Qué pasaría si aumentamos la presión de los gases empujando el émbolo a temperatura constante? En este caso el volumen en el interior cada vez será menor, la concentración de  $2NO_2$  y de  $N_2O_4$  será mayor, entonces el sistema ya no se encuentra en equilibrio. Por lo tanto, el cociente de reacción es mayor que la constante de equilibrio, así que la reacción se desplazará hacia la izquierda hasta que el cociente de reacción sea igual a la constante de equilibrio (figura 12.3)

Podemos afirmar que un aumento en la presión favorece la reacción al intensificar la interacción entre los componentes, ya que incrementa la frecuencia de colisiones entre las partículas y eleva la concentración de las sustancias, como resultado de la reducción de volumen provocada por el aumento de la presión.

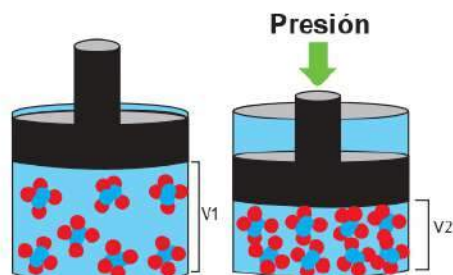


Figura 12.3 Efecto de la presión sobre el equilibrio.

### Actividad 12.1

Considere los siguientes sistemas en equilibrio. Prediga la dirección de la reacción en cada caso al aumentar la presión del sistema, manteniendo la temperatura constante:

Sistema en equilibrio	Solución
a) $2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \leftrightarrow 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$	Considerando sólo las moléculas gaseosas. En la ecuación balanceada hay 3 moles de reactivos gaseosos y 2 moles de productos gaseosos. Por lo tanto, la reacción se desplazará hacia los productos (derecha) cuando la presión se aumente.
b) $PCl_{5(g)} \leftrightarrow PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$	
c) $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \leftrightarrow H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$	

### Actividad 12.2

Complete el siguiente cuadro con el aumento o disminución de presión.

Presión	Más moles de gas en productos	Más moles de gas en reactivos
Aumento ( $\uparrow P$ )		
Disminución ( $\downarrow P$ )		

## Variación de volumen

Si en una reacción existe la presencia de gases, entonces el cambio en el volumen sí puede afectar al equilibrio, por ejemplo, una disminución en el volumen favorece la formación de menos moles de gas.

El volumen afecta a las reacciones en estado de disolución o las reacciones en estado gaseoso. Porque si disminuimos el volumen en una disolución, conlleva un aumento en la concentración. Por otro lado, si disminuimos el volumen en una reacción en estado gaseoso, aumentamos la presión. La reacción de ejemplo que utilizaremos será una reacción de disociación y en estado de disolución, tenemos un reactivo A y este se disocia para formar los productos B y C, para esta reacción la constante de equilibrio será:



$$K_c = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{n_B}{V} \cdot \frac{n_C}{V}}{\frac{n_A}{V}} = \frac{1}{V} \frac{n_B \cdot n_C}{n_A}$$

$n$  = moles

El volumen está en el denominador lo que significa es que un aumento en el volumen conlleva una disminución en el valor de la constante de equilibrio, si esto ocurre será necesario incrementar el número de moles de los productos B y C para reestablecer el valor de la constante de equilibrio y este permanezca constante



### Actividad 12.3

Completa la siguiente tabla, cuando la ecuación de la constante tiene la forma

$$K_c = \frac{1}{V} \frac{n_B \cdot n_C}{n_A}$$

Volumen	¿Qué ocurre en la reacción?	¿Hacia donde se desplaza la reacción?
Aumento ( $\uparrow V$ )		
Disminución ( $\downarrow V$ )		

En una reacción de desplazamiento de esta forma:

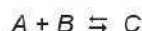


La constante de equilibrio va a ser:

$$K_c = \frac{n_C \cdot n_D}{n_A n_B}$$

Como puedes ver en la ecuación no aparece el volumen, eso significa que en este tipo de reacciones un cambio en el volumen sea de aumento o disminución no afectará el equilibrio de la reacción.

Ahora veremos el caso de una reacción de dimerización, donde A más B nos da como resultado el producto C:



La constante de equilibrio será:

$$K_c = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{n_c}{V}}{\frac{n_A}{V} \cdot \frac{n_B}{V}} = V \frac{n_c}{n_A n_B}$$

Como puedes observar ahora el volumen está en el numerador de la ecuación lo que significa que un aumento en el volumen aumentará el valor de la constante de equilibrio y para que el valor no cambie se tendrá que incrementar el número de moles de los reactivos A o B. Esto implica un desplazamiento del equilibrio hacia la formación de reactivos o hacia la izquierda

### Actividad 12.4

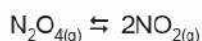
Complete la siguiente tabla para esta reacción (en estado gaseoso):

Volumen (V)	Más moles de gas en productos	Más moles de gas en reactivos
Aumento ( $\uparrow V$ )		
Disminución ( $\downarrow V$ )		

## Variación de la temperatura

Los cambios de concentración, presión o volumen pueden alterar la posición de equilibrio, es decir, las cantidades relativas de reactivos y productos, pero no modifican el valor de la constante de equilibrio. Ésta solo se altera con los cambios en la temperatura y, por lo tanto, alteran la posición de equilibrio. En general, un incremento en la temperatura favorece la reacción endotérmica, mientras que una disminución de la temperatura favorece la exotérmica.

Para entender mejor este concepto, tomemos como ejemplo la siguiente reacción



La reacción hacia la derecha es endotérmica, es decir, absorbe calor ( $\Delta H^\circ > 0$ )



Por lo tanto, la reacción en sentido inverso es exotérmica, lo que significa que libera calor ( $\Delta H^\circ < 0$ )



En el estado de equilibrio a una temperatura dada, el balance térmico es nulo, ya que no se produce una reacción neta. Si consideramos el calor como un reactivo más dentro de la ecuación química, entonces un incremento en la temperatura “da” calor al sistema y una disminución en la temperatura “retira” calor del sistema.

Al igual que ocurre con otros parámetros, como la concentración, la presión o el volumen, el sistema responde a un cambio ajustándose para contrarrestar su impacto. Por ello, un aumento en la temperatura favorece la reacción en sentido endotérmico (de izquierda a derecha en la ecuación de equilibrio), lo que provoca una reducción en la concentración de  $\text{N}_2\text{O}_4$  y un aumento en la de  $\text{NO}_2$ . En cambio, una disminución de la temperatura impulsa la reacción en sentido exotérmico (de derecha a izquierda), reduciendo la cantidad de  $\text{NO}_2$  y aumentando la de  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Como resultado, la constante de equilibrio varía, incrementándose cuando al sistema se le da calor e incrementa la temperatura y disminuye cuando al sistema se le retira la fuente de calor o disminuye su temperatura.

### Actividad 12.5

Responda con ayuda de su profesor la siguiente tabla

Variación de temperatura	$\Delta H^\circ < 0$	$\Delta H^\circ > 0$
$T_2 > T_1$		
$T_2 < T_1$		

### Actividad de cierre

Después de todo el conocimiento adquirido hasta este momento utilice el siguiente simulador (figura 12.4) que le permitirá calcular el valor de la constante de equilibrio variando las concentraciones o la temperatura.

Acceda al simulador mediante el siguiente enlace

<https://po4h36.wixsite.com/laboratoriovirtual/equilibrio>

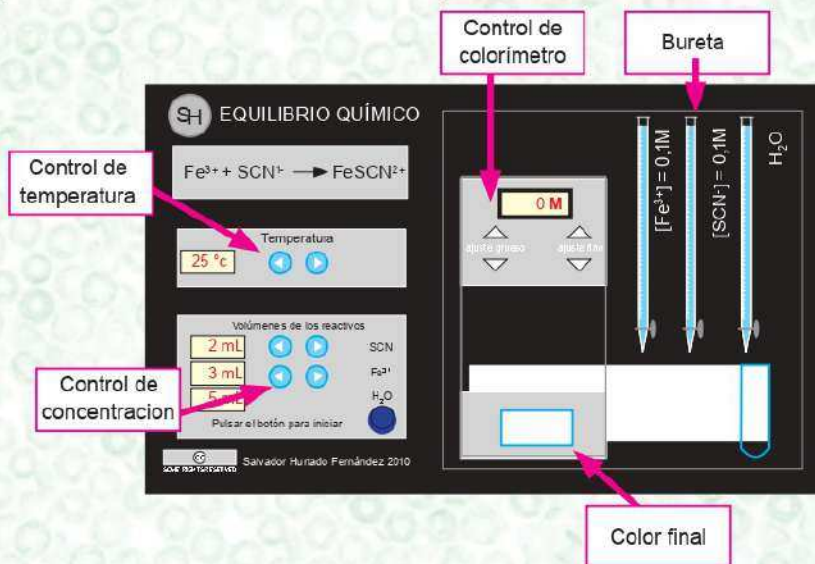


Figura 12.4 Sistema de reacción entre  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{SCN}^-$  Fuente: <https://po4h36.wixsite.com/laboratoriovirtual/equilibrio>

Para realizar la actividad siga los siguientes pasos

1. Fijar la temperatura.
2. Seleccionar los volúmenes de las disoluciones de los reactivos
3. Pulsar el botón para iniciar la experiencia
4. Esperar a que se añada desde las buretas los volúmenes de los reactivos.
5. Determinar con el colorímetro, de forma aproximada, la concentración de  $\text{FeSCN}^{2+}$  (especie de color rojo sangre). Para determinar dicha concentración actúe sobre las flechas del colorímetro hasta que vea iguales los colores de los dos cuadrados. Anote el valor de la concentración que aparece en la parte superior del colorímetro ( $[\text{FeSCN}^{2+}]_e$ )
6. Determine el valor de la constante de equilibrio, para ello se puede ayudar de la tabla:

	$\text{SCN}^-$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{FeSCN}^{2+}$
Inicial	$[\text{SCN}^-]_i$	$[\text{Fe}^{3+}]_i$	0
Reaccionan	$[\text{FeSCN}^{2+}]_e$	$-[\text{FeSCN}^{2+}]_e$	$[\text{FeSCN}^{2+}]_e$
En el equilibrio	$[\text{SCN}^-]_i - [\text{FeSCN}^{2+}]_e$	$[\text{Fe}^{3+}]_i - [\text{FeSCN}^{2+}]_e$	$[\text{FeSCN}^{2+}]_e$

Realizar las siguientes experiencias y determinar en cada caso el valor de la constante de equilibrio.

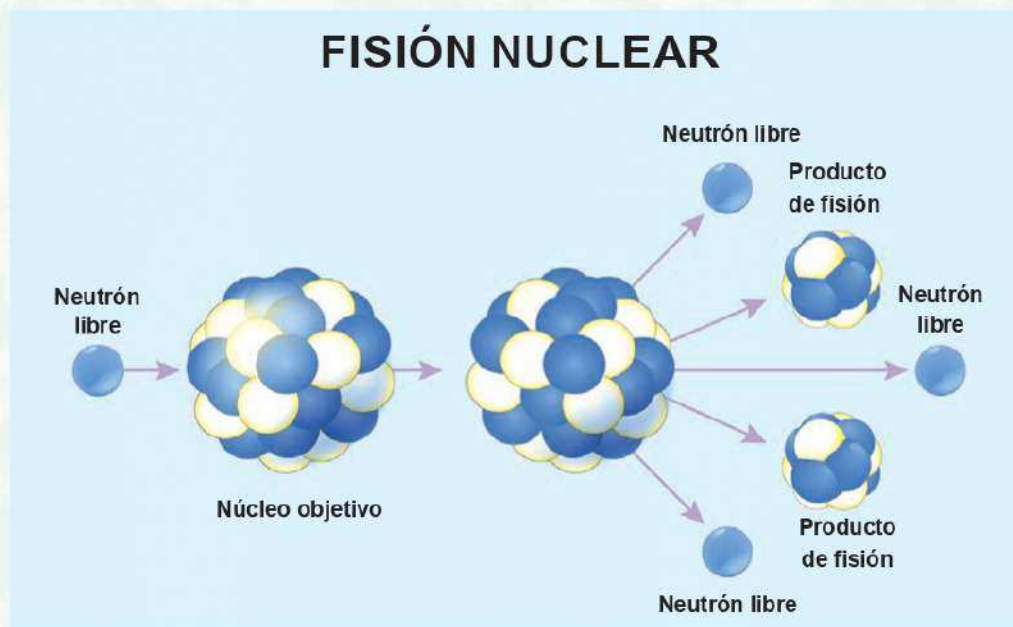
$[\text{SCN}^-]_i$ (M)	0.01	0.2	0.03	0.02
$[\text{Fe}^{3+}]_i$ (M)	0.01	0.01	0.01	0.03
$[\text{FeSCN}^{2+}]_e$ (M)				
$[\text{Fe}^{3+}]_e$ (M)				
$K_c$				

Una vez que termine la actividad, responda las siguientes preguntas

¿Cómo varía la constante de equilibrio con las concentraciones de los reactivos?

El proceso de formación del ion complejo, ¿es un proceso exotérmico o endotérmico?

Los procesos nucleares, incluida la fusión, la fisión y la desintegración radiactiva de núcleos inestables, implican la liberación o absorción de energía. El número total de neutrones más protones no cambia en ningún proceso nuclear.



## Progresión de aprendizaje 13

Meta de aprendizaje
CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes. Los procesos nucleares, como fusión y fisión, implican cambios en las energías de enlace nuclear. El número total de neutrones más protones no cambia en ningún proceso nuclear.
CT1. Reconocer los patrones de reactividad química para una clase de sustancia ayuda a predecir y comprender los productos formados sin limitar solo a memorizar reacciones que no tienen relación entre sí.
CT2. Identificar las causas que pueden generar efectos en la cantidad de energía que puede ser requerida o liberada en una reacción química.
CT3. Comprender la importancia de un análisis cuantitativo que permita determinar la cantidad de reactivos que se encuentre en un producto. Establecer proporciones entre la masa de átomos utilizando una escala macroscópica.
CT4. Utilizar modelos de partículas para representar y comprender procesos de transformación de la materia, sus velocidades y características.
CT5. Analizar que los cambios en la materia no implican la pérdida de átomos y que algunas reacciones pueden ganar o liberar energía.
CT6. Identificar la subestructura de un átomo para comprender el comportamiento de la materia, así como las propiedades y características de los reactivos y productos.
CT7. Analizar cómo se comporta un sistema estable y los cambios que pueden perturbarlo. Identificar los procesos que pueden cambiar el equilibrio dinámico de un sistema.

Como ya sabe el átomo consta de un núcleo con carga positiva rodeado de cierto número de partículas cargadas negativamente, llamados electrones, de manera que el átomo resulta eléctricamente neutro. Para un elemento, el número de protones en el núcleo atómico, que es igual al número de cargas positivas que transporta, se le llama número atómico del elemento. El cual como ya sabes se representa con la letra  $Z$ . Este corresponde con el orden del elemento dentro de la tabla periódica. Así que, el hidrógeno tiene número atómico de 1, el helio de 2, el del litio 3 y así sucesivamente, el uranio tiene el número 92, y es uno de los elementos naturales de masa atómica más elevada, por su parte el plutonio ha sido preparado artificialmente (número atómico 94), pero tienen gran importancia en la producción de energía nuclear. Ahora bien, al incrementar el número atómico, se va haciendo cada vez mayor la repulsión electrostática entre protones, que es proporcional a  $Z$ . Para mantenerse estables, el núcleo debe contener mayor número de neutrones, para compensar las fuerzas de atracción con las de repulsión. Sin embargo, hay un límite al exceso de neutrones sobre protones que el núcleo puede contener, es decir, los elementos con número atómico mayor a 84 no poseen isótopos estables, presentan un fenómeno conocido como **radiactividad** (Glasstone, S., & Sesonske, A., 2021).

### 13.1 Procesos nucleares. radiactividad espontánea o natural

*¿Sabía que la radiactividad fue un descubrimiento accidental?*

El descubrimiento de los rayos X, llevó al físico francés Henri Becquerel en 1896 a tratar de producir rayos X a partir de sales de uranio, sulfato de potasio y uranio ( $K_2SO_4 \cdot (UO_2)_2SO_4 \cdot 2H_2O$ ). Pensaba que al exponerlas a la luz solar podría conseguir su propósito, ya que sabía que eran luminiscentes y que producían fluorescencia después de haber estado expuestas a dicha luz.

Sin embargo, descubrió que tras exponer un cristal de sal de uranio a la luz durante unos instantes y colocarlo sobre una placa fotográfica, envuelta perfectamente en papel negro, quedaba grabada sobre la placa silueta nítida del cristal. Esto le causó gran alegría, pues creía haber descubierto un método de obtener rayos X sin tener que recurrir al engorroso tubo de Crookes. Para mayor seguridad decidió realizar de nuevo el experimento, envolvió otra placa fotográfica en papel negro y colocó sobre ella el cristal de sal de uranio, pero en ese mismo instante el cielo se nubló y no volvió a salir el sol durante los tres días siguientes.

Finalmente, arrastrado por la curiosidad y la impaciencia, Becquerel decidió revelar la placa fotográfica, esperando ver la silueta casi imperceptible. Pero cuál sería su sorpresa, al observar que la silueta era tan nítida como si la hubiera expuesto al Sol (figura 13.1).

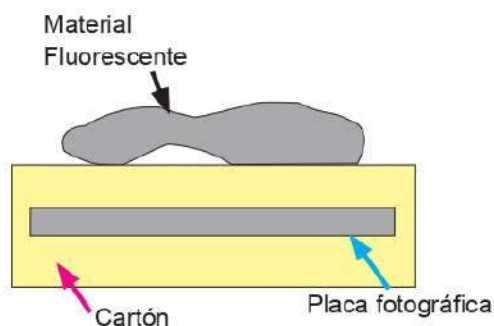


Figura 13.1 Experimento de Becquerel. Representa las sales de uranio sobre la placa fotográfica.

#### Actividad 13.1

Lea cada pregunta y responda con la información proporcionada, si requiere busque en alguna fuente confiable.

1. Explique con sus palabras que es la radiación.
2. ¿Qué explicación podría tener lo que le ocurrió a Becquerel?

Los experimentos posteriores llevaron a Becquerel a concluir: que la radiación procedente del compuesto no tendría que ver con el fenómeno de fluorescencia, sino que era una característica propia del uranio. Se había descubierto así, un nuevo fenómeno.

Esto despertó el interés de otros científicos, que se dieron a la tarea de investigar esta nueva radiación o rayos "Becquerel", entre ellos se encontraba María Skłodowska Curie (figura 13.2), quien bautizó este fenómeno con el nombre de **radiactividad**.

## ¿Sabías que...

Marie S. Curie nació en Polonia en 1867. Siendo una mujer joven marchó a París para obtener su doctorado en matemáticas y física. Ahí conoció a Pierre Curie, un físico francés de cierto renombre, con quien se casó. Marie y Pierre Curie descubrieron los elementos radiactivos radio y polonio. Al morir Pierre Curie, víctima de un accidente de tránsito, Marie continuó trabajando con sustancias radiactivas y se hizo acreedora al Premio Nobel de Química en 1911. Es importante resaltar que durante más de 50 años fue la única persona en recibir dos premios Nobel. Murió en 1934, víctima de leucemia provocada quizá por la prolongada exposición a la radiación de los componentes con los cuales trabajó.



Figura 13.2 Imagen de Marie Curie

*La radiactividad es la emisión natural y espontánea de partículas alfa, beta o rayos gamma de ciertos elementos inestables.*

## Isótopos

Los **isótopos** son átomos del mismo elemento que tienen el mismo número atómico, pero diferente número de masa.

Los isótopos de un mismo elemento tienen las mismas propiedades químicas, pero son ligeramente diferentes en sus propiedades físicas, por ejemplo, los monóxidos de carbono-12 y carbono-13 reaccionan con el oxígeno para formar los dióxidos respectivos (propiedades químicas). Sin embargo, el monóxido formado por el C-12 tiene un punto de fusión de  $-199\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que el formado por C-13 tiene un punto de fusión de  $-207\text{ }^{\circ}\text{C}$  (propiedad física). La existencia de los isótopos es un fenómeno común, ya que la mayoría de los elementos existen como una mezcla de ellos. El hidrógeno tiene 3 isótopos: el protio, deuterio y tritio.

Un núcleo se considera estable si no se transforma en  $10^{21}$  años, pudiendo transformarse en otros núcleos bajo ciertas condiciones.

El berilio tiene un único isótopo estable. Casi todos los elementos tienen más de un isótopo estable, siendo el estaño (Sn) el que mayor número de ellos posee (10). Los núcleos atómicos de una sustancia radiactiva no son estables y siempre se transforman espontáneamente en otros núcleos. Al proceso de emisión de energía o de partículas emitidas por un núcleo recibe el nombre de **desintegración radiactiva** o simplemente **radiactividad**. A las partículas o rayos emitidos se les da el nombre de radiación. Existen tres tipos de emisión: alfa, beta y gamma. Los isótopos que sufren desintegración radiactiva se llaman **radionúclidos** o **radioisótopos**.

En un principio se pensó que las emanaciones eran rayos. Los descubrimientos realizados por Rutherford, Thomson y Willard, permitieron descubrir la naturaleza de los rayos Becquerel y encontraron que en presencia de un campo magnético o eléctrico intenso estos se separaban en tres tipos de radiaciones.

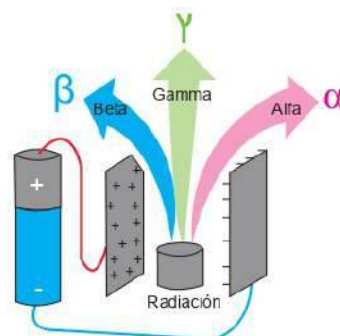


Figura 13.3 Trayectorias seguidas por las radiaciones provenientes de sustancias radiactivas en presencia de un campo magnético

Un tipo de radiación era atraída hacia el polo negativo del campo eléctrico, lo que indicaba la presencia de una carga positiva en ellos, éstos fueron denominados rayos alfa ( $\alpha$ ). Los que fueron atraídos hacia el polo positivo, demostrando así su naturaleza negativa, se les denominó rayos beta ( $\beta$ ). La tercera emanación no sufría desviación alguna por los campos eléctricos y magnéticos, lo que indicaba la ausencia de carga en ella, fueron denominados rayos gamma ( $\gamma$ ) (figura 13.4)

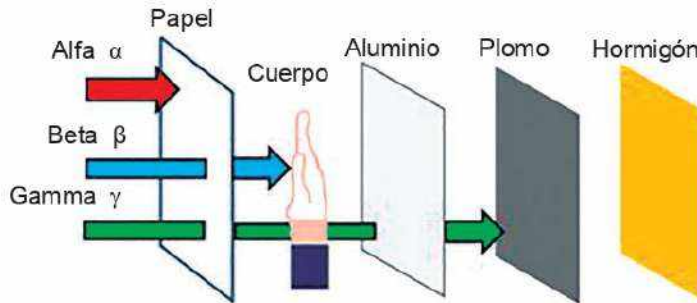
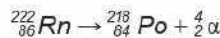


Figura 13.4 Poder de penetración

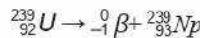
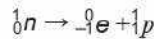
### Emisión alfa ( $\alpha$ )

La emisión de partículas alfa ( $\alpha$ ) provoca una disminución de dos unidades en el número atómico y de cuatro unidades en el número de masa. Ejemplo:



### Emisión beta ( $\beta$ )

La emisión de partículas beta ( $\beta$ ) provoca un aumento en el número atómico, mientras que el número de masa permanece igual. Esto se debe a que un neutrón se convierte en un protón y un electrón.



### Emisión gamma ( $\gamma$ )

La emisión gamma ( $\gamma$ ) es un tipo de radiación electromagnética producida generalmente por el Sol y por la desintegración de elementos radiactivos. Los seres humanos debemos cuidarnos de la exposición a la radiactividad, pues debido a su alta energía puede penetrar la piel y los huesos, causando daño a las células. Para beneplácito de todos, la radiación gamma producida en el espacio es absorbida en la alta atmósfera.

### Actividad 13.2

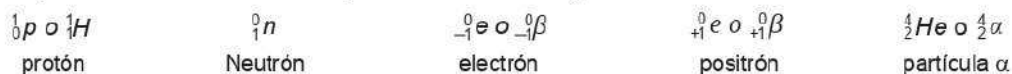
Completa la siguiente tabla sobre emisiones, guíate del ejemplo.

Rayos	Naturaleza	Carga	Poder de penetración	Emisión
Alfa ( $\alpha$ )	Partículas con la masa de un núcleo de helio	+2	Poco (menos de medio mm de espesor)	Provoca una disminución de dos unidades en el número atómico y 4 unidades en el número de masa.
Beta ( $\beta$ )				
Gamma ( $\gamma$ )				

## Balaneo de las ecuaciones nucleares

La manera de escribir una reacción nuclear es diferente a las ecuaciones de las reacciones químicas a las que ya estás acostumbrado. En estas se debe indicar de manera clara los símbolos de los diferentes elementos, además debe indicarse la cantidad de protones, neutrones y electrones, de cada especie.

Las partículas elementales se representan con los siguientes símbolos.



El decaimiento radiactivo y la transmutación nuclear son reacciones nucleares. En el decaimiento se emite radiación para ganar estabilidad. En la transmutación nuclear se bombardean núcleos con otros núcleos, o con neutrones o con protones, para formar otros núcleos (Garritz et al., 2012).

Las reacciones nucleares también tienen que balancearse, siguiendo las siguientes reglas.

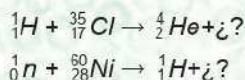
- El número total de nucleones (protones más neutrones) en los productos y en los reactivos tiene que ser el mismo (conservación del número de masa)
- El número total de protones en los productos y en los reactivos tiene que ser igual (conservación del número atómico).

Tabla 13.1 Comparación de reacciones químicas con reacciones nucleares.

Reacciones químicas	Reacciones nucleares
Los átomos se acomodan al formarse y romperse enlaces químicos Sólo participan los electrones en la formación y el rompimiento de enlaces. Se acompañan por la absorción o la emisión de pequeñas cantidades de energía. La temperatura, la presión, la concentración de los reactivos y productos, y la catálisis afectan la reacción.	Los elementos (o isótopos de un mismo elemento) se convierten en otros elementos. Participan protones, neutrones y otras partículas elementales. Se acompañan por la absorción o eliminación de grandes cantidades de energía. La temperatura, la presión, la concentración de los reactivos y productos, y la catálisis normalmente no afectan la reacción.

### Actividad 13.3

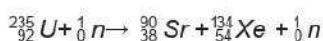
Aplica las reglas anteriores para las siguientes reacciones nucleares.



## 13.2 Fisión nuclear

La sociedad en el mundo actual demanda a la ciencia la búsqueda de nuevas maneras de obtener energía y que estas sean limpias, ecológicas, amigables con el medio ambiente y renovables. Esta necesidad de buscar una forma de energía diferente a los combustibles fósiles ha hecho que nuevamente se interesen por investigar y utilizar la energía nuclear, a partir de la fusión y fisión de átomos. Esta energía conlleva un enorme riesgo, ya que, la principal característica de las reacciones nucleares es sin duda la emisión de una enorme cantidad de energía. Una idea de esta liberación es la explosión atómica que ocurrió en el año de 1945 sobre la ciudad de Hiroshima en Japón durante la Segunda Guerra Mundial.

De los estudios que se tienen la primera fisión en estudiarse fue la del uranio-235 bombardeado con neutrones que se movían a baja velocidad. En estas condiciones, el elemento de uranio-235 se fusiona. Una de las reacciones que se lleva a cabo cuando se bombardea el elemento con los neutrones es:





Si calculamos la energía por mol de uranio-235, el resultado es  $2.0 \times 10^{13} \text{ J}$ , lo que indica que la reacción genera una gran cantidad de energía, además las reacciones de fisión nuclear del uranio-235 producen neutrones que, a su vez, pueden reaccionar con más núcleos de uranio-235 y dividirlos, esta propiedad hace posible una reacción en cadena, la cual se mantiene sola (figura 13.5)

Para que se lleve a cabo una reacción en cadena, es necesario que la muestra tenga suficiente uranio-235 para capturar los neutrones; de lo contrario, muchos neutrones escaparán de la muestra y la reacción en cadena no progresará. En esta situación se dice que la masa de la muestra es subcrítica. En la (figura 13.6) nos muestra lo que sucede cuando la cantidad de material fisionable es igual o mayor que la masa crítica, es decir, la mínima masa del material fisionable necesaria para generar una reacción nuclear en cadena. Es decir, una **serie radiactiva**, esta es una secuencia de reacciones nucleares que termina en la formación de isótopos estables. Este proceso ocurre hasta que se encuentra con un núclido estable, si no, el decaimiento radiactivo continúa hasta que se encuentra uno estable.

A continuación, se muestra la serie radiactiva de decaimiento natural para el uranio-238, la cual involucra 18 pasos; sin embargo, solo se muestran las primeras reacciones. Así, la serie del uranio-238 se estima que después de cuatro mil millones de años, la mitad de una muestra de uranio-238 ha sufrido un decaimiento y ha formado torio-234, el cual decae en 24 días y forma protactinio-234, que casi de inmediato (tiempo de vida media 1.17 minutos) forma uranio-234 (figura 13.7). De ahí que elementos como estos, se utilicen como suministro energético de naves espaciales (QR 13.2)

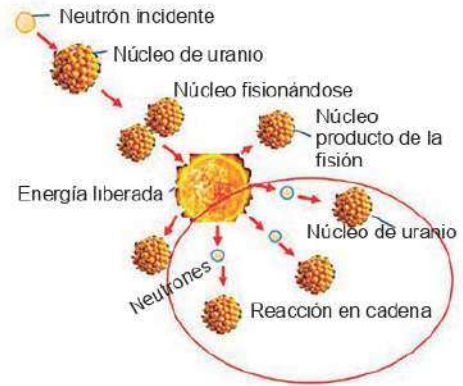


Figura 13.5 Reacción en cadena del uranio-235

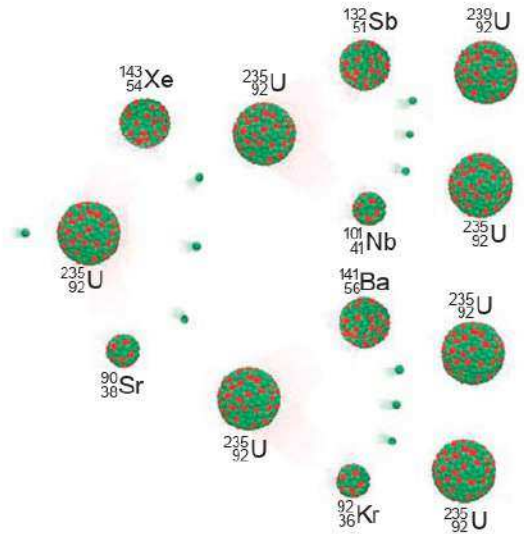


Figura 13.6 Si está presente una masa crítica, otro núcleo de  $^{235}\text{U}$  capturará muchos de los neutrones emitidos durante el proceso de fisión y ocurrirá una reacción en cadena (Chang 2012, Química)

**QR 13.1** Para explorar y aprender más sobre una de las aplicaciones de las reacciones nucleares que se utilizan en naves espaciales, como la Voyager 1 y 2, que tienen más de 30 años en vuelo y aún siguen funcionando, puedes ingresar tecleando la dirección, <https://www.tiktok.com/@thequantumfracture/video/7410778579081989408> o mediante el código QR de la derecha.

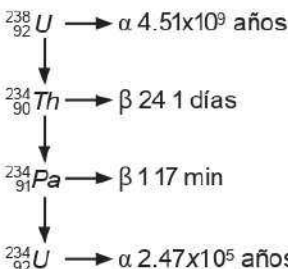


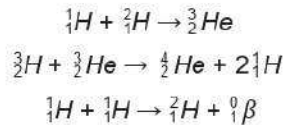
Figura 13.7 Reacción en cadena del uranio-238

**QR 13.2** Para explorar y aprender más sobre la exploración de la Voyager 1 y 2, puedes ingresar tecleando la dirección, [https://youtu.be/ETmUa-DYxns?si=WSbuFxFkRO2Dy\\_kGz](https://youtu.be/ETmUa-DYxns?si=WSbuFxFkRO2Dy_kGz) o mediante el código QR de la derecha.



## 13.3 Fusión nuclear

En la fusión nuclear, dos núcleos ligeros se juntan para formar uno más grande y más estable. Para que los núcleos sean más estables debe haber un incremento en el número de masa, esto nos indica que, si dos núcleos ligeros se combinan y funden para dar lugar a un núcleo mucho mayor y con mayor estabilidad, se liberará mucha energía. La reacción nuclear de fusión ocurre constantemente en la superficie del Sol. El Sol contiene principalmente hidrógeno y helio, y una temperatura en su interior igual a 15 millones de grados Celsius. A esta temperatura, se piensa que ocurren las siguientes reacciones de fusión nuclear:



Estas reacciones de fusión nuclear sólo ocurren a altas temperaturas, por lo que también se conocen como reacciones **termonucleares**.

### Las centrales nucleoelectricas

Las reacciones de fisión nuclear van acompañadas de la liberación de enormes cantidades de energía. En las centrales nucleoelectricas esta energía se utiliza para generar energía eléctrica. Según datos del Foro de la Industria Nuclear, existen 438 centrales nucleares que producen el 17% de la electricidad mundial. En nuestro país se encuentran funcionando dos reactores nucleares en la Central nucleoelectrica "Laguna Verde" en Veracruz, uno desde 1989 y el otro en 1995. A nivel mundial ante la escasez de combustibles fósiles, una de las alternativas para generar energía eléctrica fue la fisión nuclear. ¿Por qué seguirle apostando a este tipo de energía, si también procede de una fuente no renovable? Ahora bien, a pesar de los intentos por construir reactores nucleares cada vez más seguros, han ocurrido accidentes tanto en Estados Unidos (1979), como en Rusia (1986) y recientemente en Japón (2011), que obligan a la reflexión.

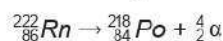
## 13.4 Aplicaciones de los isótopos

### Los isótopos radiactivos, ¿un castigo del cielo o una bendición para la humanidad!

Cuando escuchamos el nombre de radiactivo nos asustamos y pensamos en cáncer o algo que es dañino para nuestro cuerpo, sin embargo, en la actualidad los isótopos de algunos elementos tienen gran utilidad principalmente en áreas de salud, estos sirven en su mayoría para tratar diferentes tipos de cáncer. A continuación, te presentamos algunos buenos y no tan buenos:

#### El radón

Una costumbre mexicana, consiste en ventilar todos los días las habitaciones de la casa, costumbre que ayuda a eliminar el radón que pudiera quedar acumulado en los cuartos cuando se filtra a través del piso. El radón es un gas contaminante sumamente peligroso para la salud, que proviene de la desintegración radiactiva del uranio-238. El radón en sí no es peligroso para la salud humana, sino su producto de desintegración, el polonio-218, que puede provocar daños graves en el tejido pulmonar.



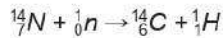
#### El yodo-131

En la sierra sinaloense hasta hace algunos años era muy común la enfermedad del bocio entre sus habitantes, situación provocada por la deficiencia de yodo en sus alimentos, al consumir sal sin yodatar utilizada frecuentemente para el ganado y la elaboración de quesos. El término "buchón" se utilizó de manera "peyorativa" en Sinaloa, para denotar la presencia de esta enfermedad, aunque posteriormente cambió su propia connotación para referirse a sujetos que se dedican al narcotráfico.

La glándula tiroidea necesita cantidades pequeñas de yodo para producir las hormonas: T4 (tiroxina) y la T3, triyodotironina, que ayudan a regular la velocidad del metabolismo. La deficiencia de yodo provoca que la glándula se agrande (hipertiroidismo) para aumentar su capacidad de extraer y procesar el yodo en alimentos. El tratamiento de esta enfermedad puede ser la cirugía, los fármacos y el yodo radiactivo. El yodo-131 es un isótopo radiactivo muy específico, que actúa destruyendo sólo el tejido tiroideo. De modo tal, que disminuye la actividad de la tiroides. Este se administra por vía oral en disolución acuosa o pastillas, el paciente se recupera entre 8 y 12 semanas.

### El carbono-14

El carbono está constituido principalmente por dos isótopos: carbono-12 y carbono-13, los cuales tienen abundancias de 98,9 % y 1,1 % respectivamente. Existen trazas de un tercer isótopo, el carbono-14. El carbono-14, se forma en la parte alta de la atmósfera por reacciones nucleares del nitrógeno y los neutrones de las radiaciones cósmicas.



El carbono-14 una vez formado se combina con el oxígeno para formar bióxido de carbono ( ${}^{14}CO_2$ ), el cual entra al ciclo del carbono y circula por la atmósfera y la biósfera. La utilidad del carbono-14 para el datado de objetos, se debe a lo siguiente: las plantas o los animales incorporan el (carbono-14), el cual permanecerá constante mientras se encuentren vivos. Sin embargo, empezará a disminuir cuando mueran, debido a que dejan de captar carbono-14. Tomando en cuenta la disminución de la actividad del carbono-14 presente en el objeto a datar, y conociendo el tiempo de vida media del carbono-14 se puede calcular aproximadamente la edad de un objeto. Esta técnica tiene su margen de error, no puede ser utilizada para datar un objeto que tenga menos de 100 o más de 40 000 años. El carbono-14 emite partículas beta ( $\beta$ ) y tiene una vida media de 5730 años.

Hasta este momento ha visto algunos usos de los isótopos, pero aún hay más, en el área de la salud tiene otras aplicaciones. A continuación se muestran algunas aplicaciones y sus implicaciones en la salud.

Todos estamos expuestos a pequeñas cantidades de radiación, esto es inevitable. La Tierra es bombardeada de manera constante por partículas radiactivas provenientes del espacio exterior. También existe un cierto grado de exposición a elementos radiactivos de manera natural en la Tierra, incluyendo  ${}^{14}C$ ,  ${}^{40}K$ ,  ${}^{238}U$ ,  ${}^{232}Th$ . Sin embargo, en las personas expuestas a rayos X, radioterapias o quimioterapias es mucho mayor el daño.

Los daños biológicos ocasionados por estas radiaciones se cuantifican con la unidad llamada rem (abreviatura de roentgen equivalent man) "equivalente roentgen en humanos".

Tabla 13.2 Efectos de una dosis única de radiación

Reacciones químicas	Reacciones nucleares
0-25	No se observa efecto
26-50	Pequeña disminución de Leucocitos
51-100	Disminución significativa de Leucocitos
101-200	Caída del cabello y náusea
200-5000	Hemorragia, úlceras, muerte en el 50 % de la población
>500	Muerte

En la radioterapia se usa con frecuencia una fuente de cobalto-60 que emite y concentra rayos gamma sobre el área afectada por el cáncer. Desafortunadamente al aplicar radiación en el tratamiento, la mayoría ellos daña el tejido sano durante el proceso; no obstante, se sigue utilizando por su efectividad. En cuanto a la radiación, la preocupación principal se presenta con las mujeres embarazadas o lactantes, ya que los bebés y los fetos son más sensibles a los efectos de la radiación, debido a que sus órganos aún están en desarrollo.

La quimioterapia es un término que suele utilizarse para indicar el uso de fármacos en el tratamiento de células cancerosas. Estos fármacos tienen la propiedad de interferir en el ciclo celular ocasionando también la destrucción de células sanas.

Los efectos secundarios, tanto en la radioterapia como en la quimioterapia suelen ser: daño a células y tejidos sanos, caída del pelo, náuseas, enrojecimiento, resequedad, comezón y sensibilidad de la piel del área tratada, posibilidad de daño celular y mutaciones hereditarias en óvulos y espermatozoides.

Los isótopos se han utilizado ampliamente en medicina para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Son utilizados para obtener imágenes específicas del cuerpo humano, la elección del radioisótopo y la manera de administrarlo depende del tejido y la facilidad para ser absorbido por el tejido enfermo. Los beneficios de llevar a cabo un estudio con isótopos para diagnosticar una enfermedad supera cualquier preocupación por los posibles efectos secundarios.

Tabla 13.3 Isótopos utilizados para diagnóstico médico.

Isótopo	Imágenes
$^{99}\text{Tc}$	Tiroides, cerebro, riñones
$^{201}\text{Tl}$	Corazón
$^{123}\text{I}$	Tiroides
$^{67}\text{Ga}$	Diversos tumores y abscesos
$^{18}\text{F}$	Cerebro, órganos con actividad metabólica

### Terapia por captura neutrónica de boro

La muerte por tumores cerebrales es de aproximadamente dos mil cada año, pero más de medio millón de personas la contraen. Este tratamiento es de los más difíciles, por la ubicación del crecimiento maligno. De igual manera, un tratamiento tradicional rara vez es efectivo, ya que se realiza fuera del cráneo.

Una manera ingeniosa para atacar este cáncer es la terapia por captura neutrónica de boro (TCNB). Esta técnica reúne dos componentes, cada uno tiene efectos dañinos mínimos en las células. El primero utiliza compuesto con un isótopo estable de boro ( $^{10}\text{B}$ ) que se concentra en las células tumorales. El segundo es un haz de neutrones de baja energía. Después de la captura de un neutrón, se verifica la siguiente reacción nuclear:  $^{10}_{5}\text{B} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$ .



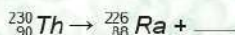
Figura 13.8 Tratamiento de captura neutrónica de boro contra tumores cerebrales.

La partícula emitida en el núcleo de litio portan en conjunto alrededor de  $3.8 \times 10^{-13}$  J de energía. Puesto que las partículas de alta energía se confinan sólo en algunos cuantos  $\mu\text{m}$  (casi el diámetro de una célula), pueden destruir perfectamente células tumorales sin dañar tejidos circundantes. Esta terapia actualmente es un área de investigación activa que involucra la participación de químicos, físicos nucleares y médicos.

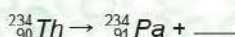
### Actividad 13.4

En forma colaborativa complete las siguientes ecuaciones que muestran la desintegración de algunos núclidos indicando el tipo de emisión alfa o beta.

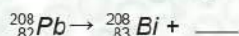
- a) En esta reacción nuclear el Thorio-230 se transforma en Radio-226, indique el tipo de emisión.



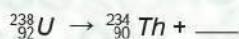
- b) En esta reacción nuclear el Thorio-234 se transforma en Protactinio-234, indique el tipo de emisión.



c) Complete la siguiente reacción nuclear e indica el tipo de emisión:



d) Balancee las siguientes reacciones nucleares e identifique la especie desconocida:



e) En cierta ciudad se construyó un fraccionamiento, el cual fue habitado por diversas familias. En una de las residencias se presentó un extraño caso, a los meses de ser habitada los integrantes de esta, enfermaron y murieron. Las investigaciones arrojaron los siguientes datos, ninguno consumió sustancias tóxicas, la casa habitación se mantenía siempre cerrada de puertas y ventanas. ¿Qué pudo haber ocasionado la muerte de estas personas? Escriba algunas hipótesis que ayuden a esclarecer este hecho.

---

---

---

---

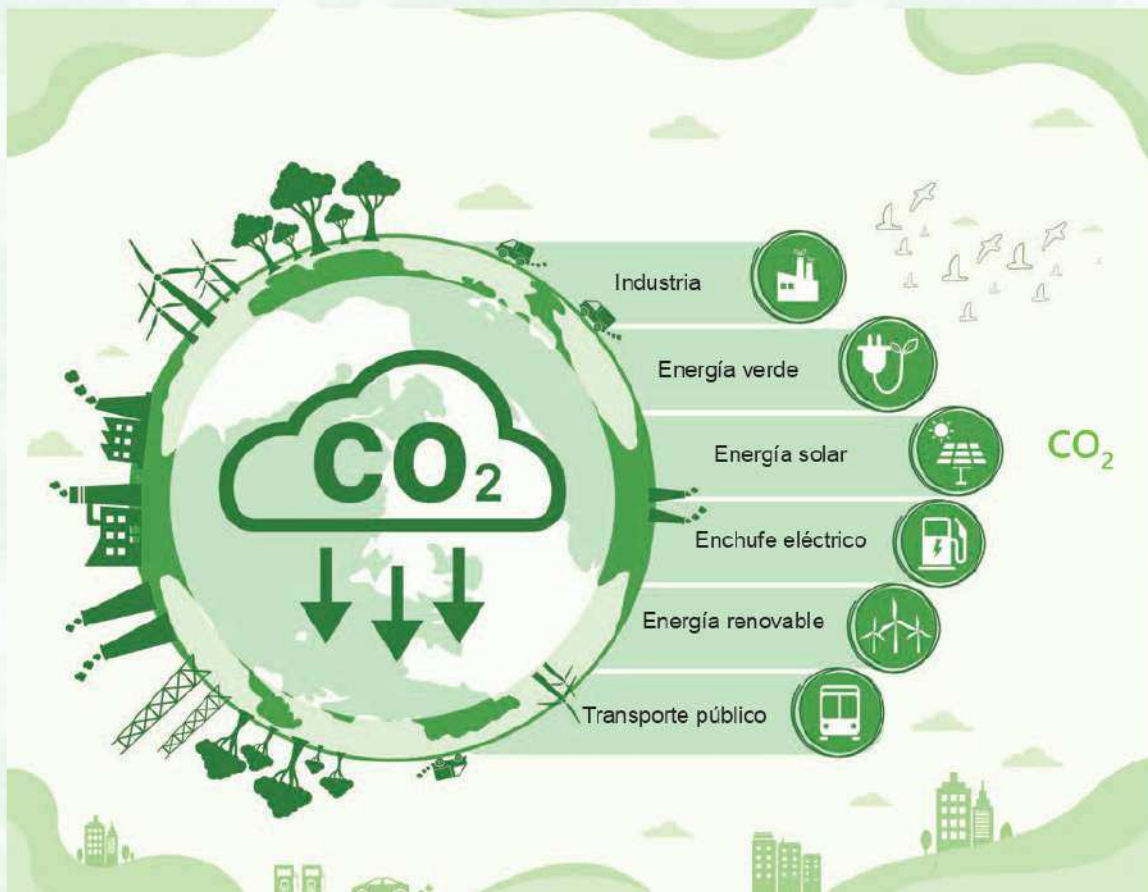
## 13.5 Políticas ambientales y planes a futuro

Existe una controversia y discusión entre la sociedad y los científicos, sobre la energía obtenida mediante reacciones nucleares y eso debido a la gran cantidad de incidentes ocurridos en diferentes lugares, pues aunque se tomen todas las medidas de seguridad necesarias, las catástrofes sobrepasan la infraestructura y han provocado la muerte de personas, ecosistemas completos, especies. Hablemos del caso de Fukushima que ocurrió en el año 2011, donde una posible fractura en el reactor 3 de la planta nuclear de Fukushima agravó la crisis que ocurrió después del terremoto y tsunami que afectaron el noreste del país, que dejó más de diez mil muertos y 17,500 desaparecidos. Los indicios sugieren que la contaminación radiactiva podría ser peor de lo que se pensaba en un principio; una contaminación en los mantos acuíferos subterráneos sería la consecuencia más probable. Cuando ocurrió el incidente la Agencia de Seguridad Nuclear de Japón informó, que la concentración de yodo radiactivo era 1,250 veces superior al límite legal en aguas marinas cercanas a la planta de Fukushima. Además, el Greenpeace en Alemania declaró que el accidente de Fukushima liberó una cantidad de radiactividad similar a la de Chernóbil. Antes de que los ingenieros pudieran entrar a revisar la planta y sellar las posibles fugas, se cree que se fugó radiactividad de los contenedores de los reactores.

Este tipo de incidentes no solo daña una parte de la población, sino que esto nos afecta a todos, por lo tanto, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) pide mayor seguridad, esto con respecto a la creciente preocupación internacional sobre la energía nuclear generada por el accidente en el noroeste de Japón en el año 2011. El entonces secretario general de las Naciones Unidas, Ban Ki-Moon, dijo que era momento de garantizar un régimen de seguridad atómica mundial. El miedo a la contaminación radiactiva se extendió tras hallarse verduras y agua contaminados en áreas cercanas a la central y en Tokio. Las autoridades hallaron cesio radiactivo por encima de los límites permitidos en verduras llamadas Komatsuna que fueron cultivadas en Edogawa, en Tokio.

Tomado de [http://noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=673591&id\\_seccion=3&](http://noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=673591&id_seccion=3&) el día domingo 27 de marzo de 2011

## La ciencia como un esfuerzo humano para el bienestar. La química del aire ¿cómo mejorar lo que respiramos?



### Progresión de aprendizaje 14

#### Meta de aprendizaje

CC. Comprender los procesos químicos, sus velocidades y si la energía se almacena o libera, pueden comprenderlo en términos de moléculas y reordenamientos de átomos en nuevas moléculas, con los consiguientes cambios en la energía de enlace total. En diversas situaciones el equilibrio dinámico es dependiente de la condición entre una reacción y la reacción inversa determina el número de todos los tipos de moléculas presentes. Los procesos nucleares, como fusión y fisión, implican cambios en las energías de enlace nuclear. El número total de neutrones más protones no cambia en ningún proceso nuclear.

En las progresiones anteriores aprendiste que en nuestro entorno se llevan a cabo reacciones químicas diversas mediante las cuales se transforma la materia y la energía de los sistemas dando lugar a sustancias nuevas. Estos procesos químicos son de gran interés para el desarrollo científico y tecnológico que busca beneficios para la sociedad. Aunque por una parte han sido una gran ayuda para la humanidad, también han causado un efecto secundario en el medio ambiente.

## ¿Sabías que lo que respiras todos los días puede estar dañando tu salud?

### Actividad 14.1.

Con base en la siguiente lectura, contesta las preguntas que se muestran al final.

[Lectura]

#### ► Contaminación ambiental en el estado de Sinaloa

Sinaloa, un estado conocido por su riqueza natural y su economía basada en la agricultura y la pesca, enfrenta serios desafíos ambientales, entre los que destacan la contaminación del aire, agua y suelo.

##### Contaminación del aire

En las zonas urbanas e industriales de Sinaloa, como Culiacán y Mazatlán, la contaminación del aire es un problema creciente. La calidad del aire es especialmente preocupante en estas áreas debido a la falta de un sistema de monitoreo adecuado que permita tomar medidas preventivas efectivas (figura 14.1). Las emisiones de gases contaminantes provienen principalmente de vehículos y actividades industriales. Estos contaminantes incluyen partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), monóxido de carbono (CO), óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), compuestos orgánicos volátiles (benceno, formaldehído y tolueno) y ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Aunque el ozono en la estratósfera es beneficioso, el ozono a nivel del suelo es un contaminante secundario que se forma a partir de reacciones químicas entre los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar. El ozono troposférico es un irritante pulmonar y puede agravar enfermedades respiratorias. Todos ellos contribuyen a la formación de lluvia ácida y son altamente perjudiciales para la salud humana causando problemas respiratorios principalmente.

Un caso notable de contaminación del aire en Sinaloa ocurrió en agosto de 2022 en Culiacán, donde se registró una fuga de amoníaco en un taller de herrería. Este incidente provocó la muerte de dos personas y la intoxicación de 29 más, incluyendo cinco menores de edad. La fuga se originó en un cilindro antiguo y la rápida dispersión del amoníaco obligó a las autoridades a desalojar a los residentes de las calles cercanas (figura 14.2)

El amoníaco es un gas altamente tóxico que puede causar graves problemas respiratorios y afectar la piel al ser absorbido. En este caso, las personas expuestas al gas experimentaron síntomas de intoxicación y necesitaron atención médica inmediata. Este incidente resalta la importancia de un manejo adecuado de sustancias químicas y de la infraestructura de seguridad para evitar situaciones similares en el futuro.

Al igual que el aire, el agua y suelo en Sinaloa también sufren de contaminación debido a la falta de infraestructura adecuada para



Figura 14.1. Ciudad de Culiacán, vista panorámica.

#### Fuga de amoníaco en Culiacán deja dos muertos y 29 intoxicados

El percance ocurrió la tarde de ayer martes en las inmediaciones de un supermercado, informaron autoridades

Por: JRM.  
El día martes 4 de agosto de 2022.



Figura 14.2. Fuga de amoníaco en Culiacán. Fuente: <https://www.informador.mx/mexico/Sinaloa-Fuga-de-amoniacoen-Culiacan-deja-dos-muertos-y-29-intoxicados-20220831-0040.html>

el tratamiento de aguas residuales y la acumulación de residuos tóxicos provenientes de actividades industriales y agrícolas afectando tanto a la fauna y flora acuáticas, como a las comunidades que dependen de estos recursos. La presencia de pesticidas y otros químicos agrícolas en el agua y suelos es una preocupación constante en las áreas rurales del estado pues no solo afecta la biodiversidad local, sino que también compromete la seguridad alimentaria y la salud de las comunidades rurales.

*Autora: Blanca Delia Coronel Mercado*

En tu comunidad, ¿Qué tipo de contaminación identificas?, ¿qué medidas y soluciones propones para disminuir los riesgos de contaminación de tu entorno?

Lea el texto anterior, coméntelo en plenaria y conteste las siguientes interrogantes.

- 1 ¿Qué tipo de contaminación identifica en su comunidad?
- 2 ¿Cómo cree que podríamos mejorar la calidad del aire en nuestra comunidad?
- 3 ¿Que estudia la química ambiental?
- 4 ¿Qué es la lluvia ácida?

## Composición química del aire

### Actividad 14.2

Indague en fuentes confiables y comente en su grupo como se compone el aire que respira.

¿Qué partículas están presentes?

Composición del aire

## Reacciones químicas y contaminación ambiental

La contaminación del aire resulta de una serie de procesos y reacciones químicas que involucran diversas sustancias contaminantes. La química ambiental es una rama de la química que estudia los procesos químicos que ocurren en el medio ambiente, incluyendo la atmósfera, los cuerpos de agua, el suelo y los organismos vivos. Esta rama de la química se enfoca en entender cómo los contaminantes químicos interactúan con los diferentes componentes del entorno natural, cómo se transforman, se transportan, y eventualmente se eliminan o acumulan en el ambiente.

La química ambiental es fundamental para diagnosticar, entender, mitigar, y resolver los problemas de contaminación del aire y otros impactos ambientales.

### ¿Sabías que...

...Las partículas conocidas como **PM10** y **PM2.5**, no son sustancias químicas en sí mismas, sino una mezcla de varias sustancias químicas y materiales sólidos o líquidos que se encuentran suspendidos en el aire.

**PM10** (partículas con un diámetro de 10 micrómetros o menos) se forma por:

Polvo mineral, polen y esporas, hollín, metales pesados (plomo, cadmio, y zinc)

**PM2.5** (partículas con un diámetro de 2.5 micrómetros o menos) se forman por:

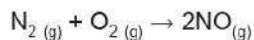
Sulfatos y nitratos, carbono orgánico, metales tóxicos, aerosoles orgánicos.



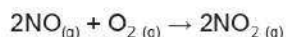
Su aplicación permite tomar decisiones informadas para proteger tanto la salud humana como el entorno natural. Algunos procesos químicos de importancia para la química ambiental son:

### 1. Formación de óxidos de nitrógeno

El óxido nítrico es el producto de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno atmosféricos que se lleva a cabo en los motores de los automóviles a temperaturas elevadas:



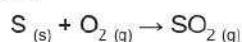
El óxido nítrico se libera a la atmósfera y rápidamente se oxida a dióxido de nitrógeno



Estos óxidos son precursores de la formación de ozono troposférico y lluvia ácida.

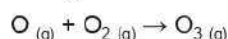
### 2. Formación de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El dióxido de azufre se produce, principalmente, al quemar materiales como el carbón de baja calidad que contienen azufre. También los combustibles fósiles como el diésel, el fuelóleo y la gasolina contienen compuestos de azufre los cuales, durante la combustión en motores de vehículos, refinerías y calefacciones industriales se oxidan, liberando dióxido de azufre al aire. La fundición de minerales que contienen sulfuros como el cobre y el zinc, puede producir grandes cantidades de dióxido de azufre. Estos procesos industriales son responsables de una parte significativa de las emisiones de SO<sub>2</sub> en muchas regiones. El SO<sub>2</sub> puede reaccionar en la atmósfera para formar ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), contribuyendo a la lluvia ácida.



### 3. Formación de ozono troposférico (O<sub>3</sub>)

El ozono troposférico, se forma a partir de reacciones fotoquímicas que involucran óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (benceno, formaldehído y tolueno) bajo la influencia de la luz solar. El ozono a nivel del suelo es un potente irritante respiratorio y contribuye al smog fotoquímico.

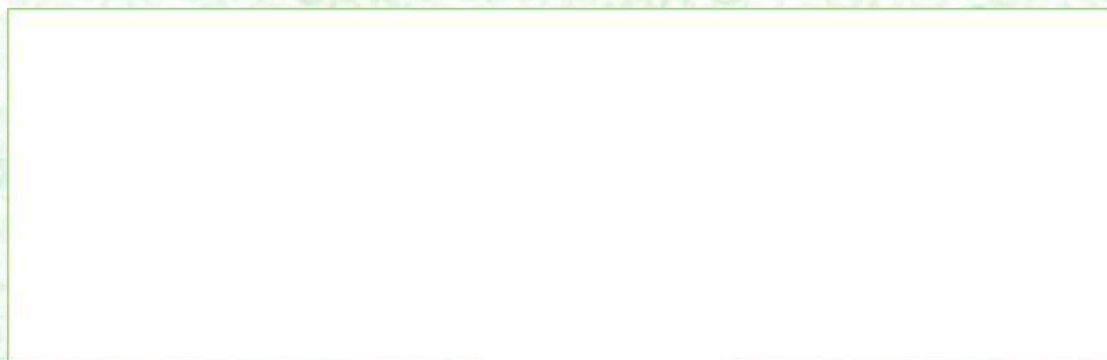


### 4. Formación de lluvia ácida

El dióxido de azufre puede reaccionar con el vapor de agua en la atmósfera para formar ácido, que luego precipita como lluvia ácida. La lluvia ácida daña la vegetación, acidifica los cuerpos de agua y corroe infraestructuras.

#### Actividad 14.3

Represente mediante una ecuación química el proceso que representa la lluvia ácida.



## 5. Reacciones fotoquímicas y smog

El smog fotoquímico es una mezcla de contaminantes que incluye ozono troposférico, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y partículas, que se forman bajo la acción de la luz solar. El smog es un contaminante atmosférico que reduce la visibilidad y afecta gravemente la salud respiratoria.

La calidad del aire en el hogar y los centros de trabajo se ve alterada por los materiales con los que están contruidos, por la actividad humana y por otros factores del ambiente. Los contaminantes domésticos más comunes son radón (Rn), monóxido de carbono, dióxido de carbono y formaldehído (Chang y Goldsby, 2013).

Estos procesos y reacciones químicas subrayan la complejidad de la contaminación del aire y la interconexión de diferentes tipos de contaminantes que, en conjunto, afectan tanto el medio ambiente como la salud humana.

### ¿Cómo se mide la calidad del aire?

Los niveles de contaminación del aire en las ciudades se miden utilizando una combinación de estaciones de monitoreo fijo, dispositivos portátiles, y satélites. Estas herramientas permiten medir la concentración de los contaminantes descritos anteriormente, y evaluar la calidad del aire en tiempo real. Los datos recopilados se transmiten en tiempo real a centros de control donde se analizan y publican informes sobre la calidad del aire.

En México, existe el IMECA (Índice para la Medición de la Calidad del Aire) para poder informar a la población de la calidad del aire y así puedan tomar medidas ante una contingencia atmosférica. El índice se representa con una escala que va de 0 a 500, donde el valor de 100 se asigna a la concentración indicada de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM) correspondiente para cada contaminante. Un valor menor a 100 se considera satisfactorio y con bajo riesgo para la salud. Cualquier nivel superior a 100 implica algún riesgo para la salud, entre más grande es el valor del índice, mayor es la contaminación y el riesgo.

Estas mediciones son esenciales para evaluar la calidad del aire, identificar fuentes de contaminación, implementar políticas de control y alertar a la población sobre posibles riesgos para la salud.

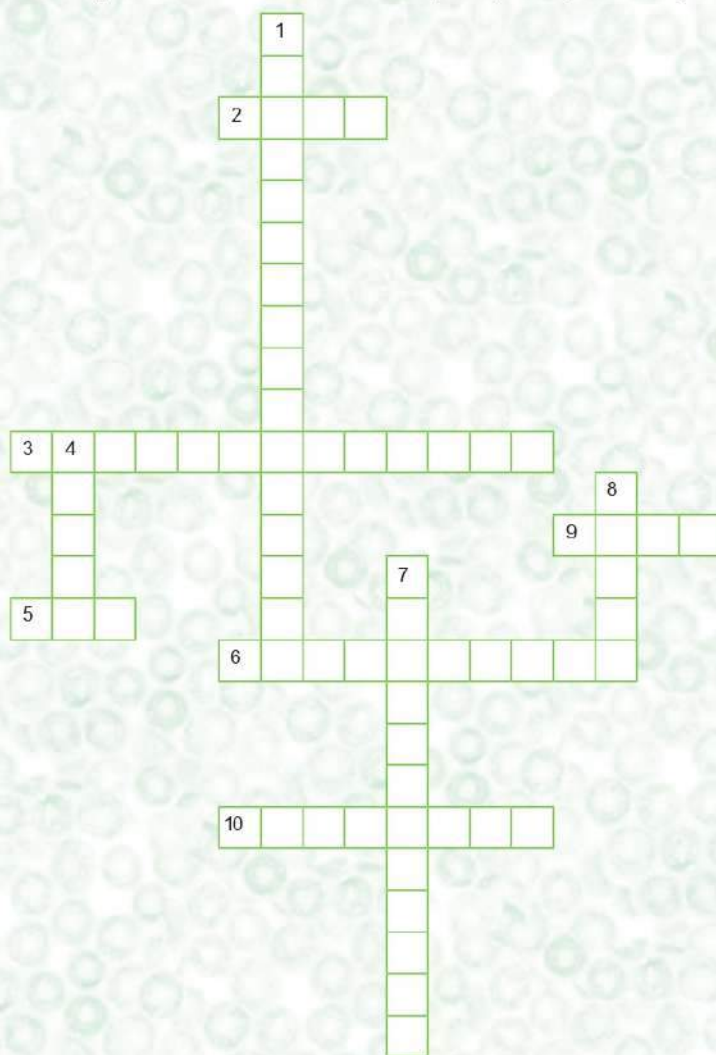
Tabla 14.1 Índice de calidad del aire y riesgos en la salud.

Intervalo IMECA	Calidad del aire	Riesgos y recomendaciones para la salud
0 - 50	Buena	Sin riesgos, se puede realizar cualquier actividad al aire libre.
51 - 100	Moderada	Las personas que son extremadamente sensibles a la contaminación pueden presentar síntomas moderados, por lo que deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
101 - 150	No saludable para grupos sensibles	Presenta riesgos de salud en los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, por lo que deben limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
151 - 200	Dañina para la salud	Representa riesgo en la salud de la población en general, se recomienda limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
Mayor a 200	Peligrosa	Representa una condición de emergencia de alto riesgo para la salud, por lo tanto, toda la población debe suspender los esfuerzos al aire libre.

Fuente: Elaboración propia, con base en Reacciones químicas: Conservación de la materia en la formación de nuevas sustancias (2024) UPAV

## Actividad 14.4. Crucigrama

Realice el siguiente crucigrama de acuerdo a los conceptos que se presentan posteriormente.



### Verticales

1. Es una rama de la química que estudia los procesos químicos que ocurren en el medio ambiente, incluyendo la atmósfera, los cuerpos de agua, el suelo y los organismos vivos
4. Contaminante del aire cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, cuando se acumula a nivel del suelo es un potente irritante respiratorio y contribuye al smog fotoquímico.
5. Es un gas contaminante incoloro y soluble en agua, producto de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno atmosféricos que se lleva a cabo en los motores de los automóviles a temperaturas elevadas.
8. Siglas que se refieren al Índice para la Medición de la Calidad del Aire.

### Horizontales

2. Mezcla de gases que forman la atmósfera, es por ello que se encuentra en todas partes. Sus componentes principales son el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, neón, helio, entre otros.
3. Es la presencia de un constituyente, impureza o algún otro elemento indeseable que estropea, corrompe, infecta, inutiliza o degrada un material, cuerpo físico, entorno natural, lugar de trabajo, etc
6. Fórmula química de uno de los componentes del aire, formado por carbono y oxígeno.
7. Se forma cuando la humedad del aire se combina con óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre emitidos por fábricas y vehículos al quemar combustibles que contengan azufre
9. Es una mezcla de contaminantes que incluye ozono troposférico, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y partículas.
10. Es un gas altamente tóxico que puede causar graves problemas respiratorios y afectar la piel al ser absorbido. Su fórmula química es  $\text{NH}_3$ .

## Medidas sanitarias para la mejora en la calidad del aire



Figura 14.3 Contaminación del aire en Ciudad de México. Fuente <https://www.themexicanpress.com/post/contaminaci%C3%B3n-del-aire-en-la-ciudad-de-m%C3%A9xico>

La contaminación ambiental ha escalado, a tal nivel que ya lo podemos observar con mirar a nuestro alrededor. En algunas ciudades de nuestro país como lo son la Ciudad de México, Monterrey, por ejemplo, en donde el desarrollo industrial, la ganadería y agricultura, el uso constante de los medios de transporte, la mala gestión y disposición de la basura y residuos como pesticidas y químicos, la deforestación y el crecimiento demográfico son los principales contaminantes que afectan el aire, el agua y la tierra (figura 14.3).

En Sinaloa no estamos exentos de esta problemática, ya que en nuestro estado las actividades agroindustriales, la minería, la generación de electricidad y el uso excesivo de vehículos motores son los principales factores que afectan el medio ambiente y, con ello llegan graves problemas de salud como lo son las enfermedades respiratorias.

Para contribuir en la mejora del medio ambiente y mejorar la calidad del aire es necesario llevar a cabo diversas medidas sanitarias desde el ámbito social, científico y político, algunos ejemplos de lo que podemos hacer para esta mejora tan necesaria es:

- Reducir el uso de automóviles, actualmente en algunas ciudades se implementa el “Hoy no circula” de este modo limitando el uso de vehículos motores a algunos días de la semana
- Participar en programas de gestión en los que participen los tres órdenes de gobierno, la industria, la academia y la sociedad civil
- Evitar la quema de basura, asegurándonos que el tratamiento de los desechos del hogar se haga adecuadamente.
- Invertir en movilidad sustentable, mediante la implementación de ciclovías, las cuales fomentan el uso de bicicletas en las ciudades, además de usar el transporte público, con esto reducir los contaminantes móviles.
- Monitoreo de la calidad del aire, al realizar monitoreos constantes de la calidad del aire podemos detectar irregularidades y qué es lo que lo provoca; de esta forma tomar acciones

Poniendo en práctica estas medidas podremos mejorar considerablemente el problema de la calidad del aire que tenemos actualmente.

¿Conoce algunas otras medidas que permitan mejorar la calidad del aire que respiramos?

## Actividad 14.5

### Actividad de cierre

#### Proyecto integrador

Indicaciones: de manera colaborativa y con la finalidad de realizar proyectos para solucionar problemas reales, en el contexto social, ambiental-ecológico y científico, investigue qué calidad tiene el aire que respira. Realice el siguiente experimento, observe y describa sus observaciones en el informe.

#### *Observación de partículas en el aire*

##### **Materiales:**

1. Placas de Petri o tapas de cajas plásticas.
2. Vaselina.
3. Lupa o microscopio.

##### **Procedimiento:**

1. Aplique una capa delgada de vaselina en la superficie interior de las placas de Petri.
2. Coloque las placas en diferentes lugares dentro y fuera de su casa, o en la escuela (cerca de ventanas, en zonas de mucho tráfico, etc.).
3. Después de 24 a 48 horas, observe las placas bajo una lupa o microscopio para identificar las partículas que se han adherido.

Este experimento demuestra la presencia de partículas en suspensión (PM) en el aire. Puede discutir cómo estas partículas afectan la salud respiratoria y cómo las fuentes de contaminación influyen en la cantidad de partículas en el aire.

Con los datos obtenidos y recabados de todos los integrantes, completarán el siguiente informe.

**Nombre del proyecto:**

**Integrantes del equipo:**

**Grado y grupo:**

**Tipo de comunidad (urbana, rural):**

**Descripción del entorno:**

**Materiales y sustancias utilizadas en el experimento:**

**Procedimiento:**

**Observaciones de resultados (imágenes iniciales/finales):**

**Conclusiones:**

## Bibliografía consultada

### *Progresión de aprendizaje 1*

- Chang, R. (2013). Química. 11a edición, México, McGraw Hill.
- Chamizo, J.A.; Garritz, A y Vilar, R. (2001) Problemas de química. 1a edición, México, Prentice Hall.
- Cruz Guardado, J., Ortíz Robles, J. I., Osuna Sánchez, M. E., y Ávila García, G. (2017). Química cuantitativa I: Un enfoque en competencias. Dirección General de Escuelas Preparatorias, Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Garritz, A. y Rincón, C., Capricho valenciano (I). ¿Tiene alguna interpretación física el método de balanceo por números de oxidación?, Educ. quím. 7[4], 190-195,1996.
- Grosser, A.E. and Butler, I S., Relevance in Chemical Science. Problems with Solutions, Benjamin, Menlo Park CA, 1971, p. 200.
- Stout, R., "Redox challenges. Good times for puzzle fanatics", J. Chem. Educ. 72[12], 1125 (1995).

### *Progresión de aprendizaje 2*

- Boyd, R. T. (1998) Química organica. Mexico: Addison Wesley de Mexico S.A. de C. V.
- Chang, R. (2007). Química. Mexico D.F.: McGraw-Hill/Interamericana.
- Garritz, A., y Gasque Silva, L. y. (2005). Química Universitaria. Naucalpan de Juarez, Edo. Mexico: Pearson Educación de México, S A. de C.V.

### *Progresión de aprendizaje 3*

- Chang, R. (2017). Química. 12a edición, México, McGraw Hill.
- Cruz, J., Osuna, M., Ortiz, J. y Ávila, G. (2021). Química General. 5a edición, UAS-DGEP, México, Once Ríos.
- Garritz, A., Gasque, L. y Martínez, A. (2005). Química Universitaria. 1a edición, México, Pearson Educación.

### *Progresión de aprendizaje 4*

- Chang, R. (2008). Química general para bachillerato México: McGraw-Hill / Interamericana de España S.A.U.
- Chang, R. (2010). Química. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores. S.A. de C.V.
- Cruz Guardado, J., Osuna Sánchez, M. E., Ortíz Robles, J. I., & Ávila García, G. (2022). Química general: Un enfoque en competencias. Culiacán, Sinaloa: Once Ríos Editores.
- Elguero Bertolini, J. Goya Laza, P. y Román Polo, P. (2019) La tabla periódica de los elementos químicos: (ed.). Madrid, Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Recuperado de <https://elbronet.itson.idm.oclc.org/es/ereader/itson/113005?page=10>.
- McMurry, J , Mondragón, C. H., & Pozo, V. G. (2008). Química orgánica (pp. 560-574). México, DF: Cengage learning.

### *Progresión de aprendizaje 5*

- Chang, R. (2010). Química. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores. S.A. de C.V.
- Cruz Guardado, J , Osuna Sánchez, M. E., Ortíz Robles, J. I., y Ávila García, G. (2022). Química general: Un enfoque en competencias. Culiacán, Sinaloa: Once Ríos Editores.
- Whitten, K W , Davis, R E , Peck, M. I , & Stanley, G G (2015) Química (10a Ed --) México D.F: Cengage Learning

### *Progresión de aprendizaje 6*

- Alvarado Lemus, J.A., Valdés Castro, P., & Varela Nájera, j. B., (2020). Propiedades de la materia: Bachillerato Universitario. Culiacán, Sinaloa. Once Ríos Editores.
- Alvarado Lemus, J.A., Valdés Castro, P., & Varela Nájera, j. B., (2014). Electricidad y óptica: Bachillerato Universitario. Culiacán, Sinaloa: Once Ríos Editores
- Brown, T.L., Lemay H.E., Bursten B. E., Murphy C.J & Woodward P.M., (2014). Química de Brown para cursos con enfoque en competencias (pp 191) México, DF: Pearson
- Chang, R. (2013). Química. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores. S.A. de C.V.
- Cruz Guardado, J., Osuna Sanchez, M. E., Ortíz Robles, J. I., & Ávila Garcia, G. (2017) Química Cuantitativa

#### *Progresión de aprendizaje 7*

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2017). Química: (12ª Ed). McGraw-Hill / Interamericana.

Ck12 Science. (2019). 18.3 Activation Energy. essay. Retrieved October 10, 2024, from <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-chemistry-flexbook-.0/section/18.1/primary/lesson/chemical-reaction-rate-chem/>.

#### *Progresión de aprendizaje 8*

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2017). Química: (12ª Ed). McGraw-Hill / Interamericana.

Ck12 Science. (2019). 18.3 Activation Energy. essay. Retrieved October 10, 2024, from <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-chemistry-flexbook-.0/section/18.1/primary/lesson/chemical-reaction-rate-chem/>.

Clark, M. A., Douglas, M., & Choi, Jung. (2018). 6.2 Potential, Kinetic, Free, and Activation Energy. In Biology 2e. Openstax. <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/6-2-potential-kinetic-free-and-activation-energy>

Flowers, P., Theopold, K., Langley, R., & Robinson, PhD, W. R. (2019). 12.5 Collision Theory. In Chemistry 2e. Openstax. <https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/12-5-collision-theory>

#### *Progresión de aprendizaje 9*

Mann, A., Varela A , (2014) Ciencias 3 Química Correo del maestro

Guardado, J , Ortiz, J., Osuna M., Ávila, G., (2018). Química cuantitativa I. Once Ríos.

#### *Progresión de aprendizaje 10*

Garritz, A. y Chamizo, J. (1994). Química. Addison-Wesley/beroamericana.

Garritz, A., Gasque, L., Martínez, A. (2005). Química Universitaria. Pearson.

#### *Progresión de aprendizaje 11*

Chang, R. (2013). Química (11a edición). McGraw Hill.

Chamizo, J.A.; Garritz, A y Vilar, R. (2001) Problemas de química (1a edición). Prentice Hall.

Medeiros, M. (2017). Equilibrio de fases y químico (1a edición). Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

Marín, A., Varela A., (2014). Ciencias 3 Química. Correo del maestro.

#### *Progresión de aprendizaje 12*

Chang, R (2013). Química 11a edición, México, McGraw Hill

#### *Progresión de aprendizaje 13*

Chang, R. (2013). Química. 11a edición, México, McGraw Hill.

Cruz G.J , Osuna, S M., Ortiz, R.J., Ávila, G G., et al (2011) Química General. Dirección General de Escuelas Preparatorias, Universidad Autónoma de Sinaloa. Editorial Once Ríos.

Garritz Ruiz, Andoni; Gasque Silva, Laura & Martínez Vázquez, Ana. (2005). Química Universitaria, México, PEARSON EDUCACIÓN.

#### *Progresión de aprendizaje 14*

Chang, R. y Goldsby, K. (2013). Química. Mc Graw Hill Educación.

Reacciones químicas: Conservación de la materia en la formación de nuevas sustancias. (2024) UPAV.



## Referencias de figuras, cuadros, tablas y fotografías

Portadilla Progresión de Aprendizaje 1: Las sustancias reaccionan químicamente de formas características. En un proceso químico, los átomos que componen las sustancias originales llamadas reactivos se reagrupan formando diferentes sustancias, denominadas productos, que se caracterizan por tener propiedades distintas a las de los reactivos Smartman, (s/f). Ilustración vectorial de la liberación de ácido sulfúrico. Diagrama de producción de ácido sulfúrico. Infografía de reacción química de la fabricación de ácido sulfúrico, <https://www.shutterstock.com/es>, consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/vector-illustration-sulphuric-acid-release-sulfuric-2092631740>

Figura 1.1 Alquimia. (IA, 2024)

Figura 1.2 Lluvia ácida. (IA, 2024).

Figura 1.3 El cobre reacciona con ácido nítrico, generando nitrato de cobre (II), un compuesto de color verde y soluble en agua, así como dióxido de nitrógeno, un gas rojizo. Winters, Charles. (s/f). Reacción del cobre y el ácido nítrico. Una moneda de cobre extraída de un vaso de precipitados tras reaccionar con ácido nítrico. El ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) es un líquido transparente. Cuando el cobre de la moneda reacciona con él, se forma una solución verde de nitrato de cobre ( $\text{CuNO}_3$ ) y se desprende gas de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) de color marrón. Science Photo Library (SPL), <https://www.sciencephoto.com/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.sciencephoto.com/media/4153/view>

Figura 1.4. Reacción entre aluminio y yodo para formar yoduro de aluminio. Duran, Gustavo, 2023. Química en todo, <https://www.youtube.com/>, Consultado el junio de 2024, Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=E-vTxuoTO\\_r\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=E-vTxuoTO_r_U)

Figura 1.5 Piezas de bicicleta. Elaborado por Levy Inzunza en (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 1.6 Combustión de gas propano en una estufa. (IA, 2024)

Portadilla Progresión de Aprendizaje 2: Algunas reacciones químicas liberan energía, otras absorben energía. Petroudy43, (s/f). Gráficos vectoriales o gráficos de reacciones endotérmicas y exotérmicas - física, química. Reacciones químicas de exposición y endo. Energía de activación. Reactantes, productos, aumento y disminución de la entalpía H, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/vector-graphs-charts-endothemic-exothermic-reactions-2046969656>

Figura 2.1 Jóvenes en el laboratorio. Fotografía Adán Meza, (Android 2024).

Figura 2.2 Jóvenes en el patio de la escuela. Fotografía: Adán Meza (Android 2024).

Figura 2.3 Tres tipos de sistemas Taza de café realista, Imagen de macrovector\_oficial en Freepik, (s/f) Taza realista con café negro clasico sobre la mesa, <https://www.freepik.es/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/vector-gratis/taza-realista-cafe-negro-clasico-sobre-mesa\\_4553548.htm#fromView=search&page=1&position=27&uuid=7015f1b9-4e28-4cef-ac68-da5e4fcd537](https://www.freepik.es/vector-gratis/taza-realista-cafe-negro-clasico-sobre-mesa_4553548.htm#fromView=search&page=1&position=27&uuid=7015f1b9-4e28-4cef-ac68-da5e4fcd537), Vector de plato plano, Imagen de brgfx en Freepik, (s/f) Ilustración de una placa de cerámica vacía, <https://www.freepik.es/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-placa-ceramica-vacia\\_279813993.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=bb8556d1-f6aa-4606-ab3b-70c5d85678d8](https://www.freepik.es/vector-gratis/ilustracion-placa-ceramica-vacia_279813993.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=bb8556d1-f6aa-4606-ab3b-70c5d85678d8), vector de Termo, Imagen de Upl56 en Freepik, Realista 3d negro blanco y plata vacío metal brillante vacío termo vaso conjunto de iconos primer plano Plantilla de diseño de maqueta de embalaje para gráficos, <https://www.freepik.es/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/vector-gratis/realista-3d-negro-blanco-plata-vacio-metal-brillante-vacio-termo-vaso-conjunto-iconos-primer-plano-plantilla-diseno-maqueta-embalaje-graficos\\_26014414.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=f653a88c-f769-46d1-a07b-68bdba1d50cc](https://www.freepik.es/vector-gratis/realista-3d-negro-blanco-plata-vacio-metal-brillante-vacio-termo-vaso-conjunto-iconos-primer-plano-plantilla-diseno-maqueta-embalaje-graficos_26014414.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=f653a88c-f769-46d1-a07b-68bdba1d50cc)

Figura 2.4 Combustión de metano. Imagen de sersol en Freepik. (s/f). Combustión de estufa de gas propano de gas natural sobre un fragmento de fondo negro de una estufa de cocina de gas wi. Consultado en julio de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/fotos-premium/combustion-estufa-gas-propano-gas-natural-sobre-fragmento-fondo-negro-estufa-cocina-gas-wi\\_30384738.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/combustion-estufa-gas-propano-gas-natural-sobre-fragmento-fondo-negro-estufa-cocina-gas-wi_30384738.htm)

Figura 2.5 Reacción endotérmica entre nitrógeno y oxígeno Phywe, (s/f). Aire - una mezcla de los gases de oxígeno y nitrógeno, <https://www.phywe.com/es>, Consultado en junio de 2024, Disponible en: [https://www.phywe.com/es/experimentos-sets/pruebas-para-el-nivel-secundario-i/aire-una-mezcla-de-los-gases-de-oxigeno-y-nitrogeno\\_10983\\_12016/](https://www.phywe.com/es/experimentos-sets/pruebas-para-el-nivel-secundario-i/aire-una-mezcla-de-los-gases-de-oxigeno-y-nitrogeno_10983_12016/)

Figura 2.6 Representación de una reacción endotérmica y exotérmica. Elaborado por Adán Meza en (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 2.7 Representación de la ley cero de la termodinámica. Elaborado por Adán Meza en (Microsoft PowerPoint, 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 3* Cada átomo tiene una subestructura con cargas eléctricas, que consiste en un núcleo con protones y neutrones, rodeado de electrones. Imagen de Quality Stock Arts, (s/f). Modelo CG Nucleus Atom Nuclear explota bomba emite campos magnéticos de radiación x-ray física nuclear física, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-illustration/cg-model-electricity-nucleus-atom-nuclear-1052111468>

Figura 3.1 Según la teoría atómica de Dalton, los átomos del mismo elemento son idénticos (hipótesis 2), pero los átomos de un elemento son distintos de los átomos de otros (hipótesis 3) El compuesto formado por átomos de los elementos J y M. En este caso, la proporción de los átomos del elemento J respecto a la del elemento M es de 2:1 (hipótesis 6). Observe que la reacción química produce sólo un reordenamiento de átomos, no su destrucción o creación (hipótesis 5). Molécula de agua, Sandoval, M 2016. Química general QUI006, Qui006, <https://qui006-ust-2016.blogspot.com/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://qui006-ust-2016.blogspot.com/p/qui006-estimados-estudiantes-en-este.html>

Figura 3.2 Representación del modelo atómico del sodio e ion sodio Elaborado por Levy Inzunza (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 3.3 Representación del modelo atómico del cloro e ion cloro. Elaborado por Levy Inzunza (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 3.4 Ejemplos de reacciones óxido-reducción. Los números de color rojo colocados encima de los símbolos de los elementos son los números de oxidación. Elaborado por Levy Inzunza en (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 3.5 Cuando el número de oxidación aumenta el elemento se oxida Y cuando disminuye el elemento se reduce. Elaborado por Levy Inzunza (Microsoft PowerPoint, 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 4*. La tabla periódica ordena los elementos químicos horizontalmente por el número de protones en el núcleo del átomo y coloca aquellos con propiedades químicas similares en columnas. Los patrones repetitivos de esta tabla se asocian a los patrones de la configuración de electrones externos. HDN Photo, (s/f) Tabla periódica de elementos UV, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-illustration/periodic-table-elements-uv-2425035957>

Figura 4.1 Muestra la forma como se distribuyen los periodos en la tabla periódica. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 4.2 Muestra la forma como se distribuyen los grupos en la tabla periódica. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 4.3 Muestra la forma en cómo se distribuyen los subgrupos en la tabla periódica. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 4.4 Muestra la distribución de los bloques en la tabla periódica. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 4.5 Tabla periódica de los elementos Montalvo, Gustavo, 2018. Hazte un favor y piensa, ¿Por qué los gases nobles son estables?, <https://sacoderetales.weebly.com/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://sacoderetales.weebly.com/textos/category/quimica>

Figura 4.6 Distribución de los electrones del hidrógeno Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).

- Figura 4.7 Distribución de los electrones del helio. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.8 Distribución de los electrones del litio. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.9 Diagrama de la diagonal propuesta por el mexicano Jaime Keller Torres. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.10 Identificación de los niveles y subniveles de energía, así como los electrones del subnivel en una configuración electrónica. Elaborado por Celso Olais Leal (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.11 Notación vectorial del hidrógeno. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.12 Notación vectorial del helio. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.13 Configuración electrónica exponencial del sodio mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.14 Configuración electrónica exponencial del azufre mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.15 Configuración electrónica exponencial del cromo mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.16 Configuración electrónica exponencial del zinc mostrando el grupo, subgrupo, periodo y bloque. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 4.17 Esqueleto de la tabla periódica. Elaborado por Teresita de Jesús Millán Valenzuela (Microsoft PowerPoint, 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 5:* Los ejemplos de propiedades que son predecibles a partir de patrones incluyen la reactividad de los metales, los tipos de enlaces formados, la cantidad de enlaces formados y las reacciones con el oxígeno. Imagen de Souvik Sarkar Photography, (s/f). Una científica que realiza una reacción orgánica en condiciones de fuma en un laboratorio. Fuma, radioactiva, fluorescencia. Un fondo negro del espacio de copia. Laboratorio de química medicinal orgánica, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/woman-scientist-performing-organic-reaction-under-2273889885>

- Figura 5.1 Vetas de oro mineral en Sinaloa. Nueva Escuela Mexicana Digital (NEMD), (2024). Relevancia de los recursos naturales para las actividades humanas. <https://prueba-nem.aprende.gob.mx/>, Consultado en septiembre de 2024, Disponible en: <https://prueba-nem.aprende.gob.mx/contenido/coleccion/relevancia-de-los-recursos-naturales-para-las-actividades-humanas-2/>
- Figura 5.2 Herramientas metálicas de uso cotidiano. (IA, 2024)
- Figura 5.3 El carácter metálico y sus tendencias en la tabla periódica. Elaborado por Carlos Fernando Saucedá López (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 5.4 El carácter no metálico y sus tendencias en la tabla periódica. Elaborado por Carlos Fernando Saucedá López (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 5.5 El carácter anfótero o semimetálico de los elementos y sus tendencias en la tabla periódica. Elaborado por Carlos Fernando Saucedá López (Microsoft PowerPoint, 2024)
- Figura 5.6 Distintos reactivos químicos con sus respectivas etiquetas. (IA, 2024)
- Figura 5.7 Componentes de una fórmula química y lo que representan. Elaborado por Carlos Fernando Saucedá López (Microsoft PowerPoint, 2024).
- Figura 5.8 Tabla periódica con los estados de oxidación más comunes para cada elemento. Quimitube, (2024). Tabla periódica de Valencia PNG, <https://www.quimitube.com/>, Consultado en agosto de 2024, Disponible en: <https://www.quimitube.com/tablas-periodicas-pdf/>

Figura 5.9 Formación del óxido de sodio desde los tres niveles de representación química. Contenedor médico. Imagen de brgfx en Freepik, Conjunto de contenedores médicos sobre un fondo blanco, <https://www.freepik.es/>, Consultado en agosto de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-contenedores-medicos-sobre-fondo-blanco\\_1169237.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=833762ae-e2bb-4cf4-9571-5295fcd4d375](https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-contenedores-medicos-sobre-fondo-blanco_1169237.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=833762ae-e2bb-4cf4-9571-5295fcd4d375), Vector de Sal. Imagen de macrovector en Freepik, Conjunto de sal realista de imágenes aisladas con sal blanca y rosa en placas de sótanos y montones de ilustraciones vectoriales, <https://www.freepik.es/>, Consultado en agosto de 2024, Disponible en: [https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-sal-realista-imagenes-aisladas-sal-blanca-rosa-placas-sotanos-montones-ilustraciones-vectoriales\\_41922806.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=3baadef5-34af-4429-a473-4d3b73d21c19](https://www.freepik.es/vector-gratis/conjunto-sal-realista-imagenes-aisladas-sal-blanca-rosa-placas-sotanos-montones-ilustraciones-vectoriales_41922806.htm#fromView=search&page=1&position=16&uuid=3baadef5-34af-4429-a473-4d3b73d21c19)

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 6.* La atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explica la estructura, propiedades y transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los objetos materiales. Imagen de Sciencie Project 101, (s/f). Tipos de enlaces químicos, enlace iónico, enlace covalente, enlace metabólico, enlace de hidrógeno, Vector e ilustración, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/types-chemical-bonds-ionic-bond-covalent-2458513267>

Figura 6.1 Descarga eléctrica. (IA, 2024)

Figura 6.2 Modelo experimental de electrostática. Elaborado por Diego Alberto Ayón en (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 6.3 Líneas de campo eléctrico en torno a una partícula con carga positiva (a) y negativa (b). Elaborado por Quetzalli Alejandra Hernández Zárte en (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.4 Estructura del Lewis para NaCl. Elaborado por Quetzalli Alejandra Hernández Zárte (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.5 Representación de la interacción de dos partículas con carga opuesta. Elaborado por Quetzalli Alejandra Hernández Zárte (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.6 Representación de un átomo de Hidrógeno. Elaborado por Diego Alberto Ayón (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.7 Comparación de radio atómico contra radio iónico (catión/anión). Elaborado por Quetzalli Alejandra Hernández Zárte (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.8 Combustión de óxido de calcio, conocida como cal viva. Elaborado por Quetzalli Alejandra Hernández Zárte en (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 6.9 Modelo de Bohr para el átomo de Magnesio. (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 6.10 Modelo de Bohr para el átomo de oxígeno. (Microsoft PowerPoint, 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 7:* El hecho de que los átomos se conserven, aunado al conocimiento de las propiedades químicas de los elementos involucrados, puede usarse para describir y predecir reacciones químicas. Imagen de ProfDesigner, (s/f). Tipos de reacciones químicas imagen vectorial, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/types-chemical-bonds-ionic-bond-covalent-2458513267>

Figura 7.1 Representación macroscópica y nanoscópica de la oxidación paulatina de la capa superficial de la Estatua de la libertad a través del tiempo (BPN). Estatua de la libertad, Marrshimi Shqiptarve, 2019 <https://marrshimi.wordpress.com/>, Estatua de la libertad, Consultado el 20 de junio de 2024, Disponible en: <https://marrshimi.wordpress.com/2019/04/13/statuja-e-lirise/>, La Gran estatua de Bartholdi, la libertad que ilumina al mundo, Currier & Ives, 1885 <https://commons.wikimedia.org/>, Consultado el 12 de junio de 2024, Disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Currier\\_and\\_Ives\\_Liberty2.jpg#Licensing\\_information](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Currier_and_Ives_Liberty2.jpg#Licensing_information), Celda unidad del óxido de cobre (II) no es un metal. Mills, Ben, 2007 <https://commons.wikimedia.org/>, Consultado el 12 de junio de 2024, Disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copper\(II\)-oxide-unit-cell-3D-balls.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copper(II)-oxide-unit-cell-3D-balls.png)

Figura 7.2 Representación nanoscópica y simbólica de la ruptura y formación de enlaces de moléculas gaseosas de hidrógeno y oxígeno para formar agua líquida. Elaborada por Bibiane Pierre Noel (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 7.3 Ciudad de México la Ciudad más contaminada de América latina. Redacción Sin Embargo. 2019. <https://www.sinembargo.mx/>, Autoridades declaran Fase 1 en la alerta ambiental por mala calidad del aire del Valle de México, Consultado el 12 de Junio de 2024, Disponible en: <https://www.sinembargo.mx/3579934/la-calidad-del-aire-en-el-valle-de-mexico-no-mejora-y-esta-noche-se-declara-alerta-ambiental/>

Figura 7.4 Reactividad de no metales. Elaborada por Bibiane Pierre Noel (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 7.5 Serie de actividad de metales Elaborada por Bibiane Pierre Noel (Microsoft PowerPoint, 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 8:* Una molécula estable tiene menos energía que el mismo conjunto de átomos cuando están separados, se debe proporcionar al menos esta energía para romper los enlaces de la molécula. Imagen de rktz, (s/f). Gráfico de energía potencial de las reacciones exotérmicas 3D. <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/potential-energy-graph-exothermic-reactions-3d-1966876843>

Figura 8.1 Encendido de una vela usando un fósforo, Autor Desconocido, (s/f) <https://pxhere.com/>, Consultado el 15 de junio de 2024, Disponible en: [https://pxhere.com/es/photo/1057291?utm\\_content=shareClip&utm\\_medium=referral&utm\\_source=pxhere](https://pxhere.com/es/photo/1057291?utm_content=shareClip&utm_medium=referral&utm_source=pxhere)

Figura 8.2 Diagramas de energía potencial típicos de: reacciones exotérmicas (a) y reacciones endotérmicas (b) Elaborado por Bibiane Pierre Noel Gilles en (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 8.3 La energía de activación ( $E_a$ ) de las reacciones es la barrera que deben superar los reactivos para poder convertirse en productos. En a) la  $E_a$  es baja, indicando la probabilidad de que ocurra rápidamente. En b) la  $E_a$  es alta, lo que significa que probablemente suceda lentamente Elaborado por Bibiane Pierre Noel Gilles en (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 8.4 Diagrama de energía de la reacción síntesis de agua a partir de hidrógeno y oxígeno. Elaborado por Bibiane Pierre Noel Gilles en (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 8.5 Modelo de diagrama de energía de reacciones endotérmicas. Elaborado por Bibiane Pierre Noel Gilles en (Microsoft PowerPoint, 2024).

Figura 8.6 Captura de pantalla de la simulación del mecanismo químico de las bolsas o compresas térmicas usadas para tratar lesiones. CK-12 Foundation, (s/a). <https://www.ck12.org/>, CK-12 Exploration Series, Chemistry Simulations, Consultado el 20 de junio de 2024, Disponible en: <https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry/exothermic-and-endothemic/app/index.html?referrer=share-dialog?screen=sandbox>

Figura 8.7 Diagrama de energía potencial para la formación de amoníaco. Creado por Bibiane Pierre Noel (PowerPoint 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 9:* Es posible establecer relaciones proporcionales entre las masas de los átomos en los reactivos y los productos, y la traducción de estas relaciones a la escala macroscópica usando el concepto de mol como la conversión de la escala atómica a la escala macroscópica. Imagen de Designua, (s/f). ley de conservación de masa. principio de los estados de conservación masiva. Ley de Conservación de Masa Durante un cambio químico, la materia no se crea ni se destruye. Diagrama de vectores para uso educativo, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/law-conservation-mass-principle-states-during-1699466026>

Figura 9.1 Microscopio óptico es un instrumento hecho a base de lentes, que permite observar la imagen aumentada del objeto que nos interesa estudiar. (IA, 2024)

Figura 9.2 Los estudios de rayos X son un método indirecto para visualizar huesos de una persona, que interacciona de manera distinta que el resto de nuestro cuerpo con esta radiación electromagnética. (IA, 2024)

Figura 9.3 Imagen de la izquierda es lo que se conoce como patrón de difracción del ADN que probablemente no te diga mucho su estructura; sin embargo, la difracción de rayos X que obtuvo Rosalind Franklin ayudó a los científicos James Watson y Francis Crick a determinar la estructura del ADN. (IA, 2024)

Figura 9.4 En la vida cotidiana usamos unidades que nos permiten medir un gran número de productos (sin que importe cuantos sean) y que proporcionan las cantidades adecuadas. (IA, 2024) (

Figura 9.5 Un mol de carbono tiene doce veces más que uno de hidrógeno, pero ambos contienen el mismo número de átomos. (IA, 2024)

Figura 9.6 Representación del sodio, como se mostraría en una tabla periódica. Elaborado por Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Portadilla Progresión de Aprendizaje 10: Un equilibrio dinámico ocurre cuando dos procesos reversibles suceden a la misma velocidad. Diversos procesos (como determinadas reacciones químicas) son reversibles y cuando están en un equilibrio dinámico, la reacción inversa ocurre a la misma velocidad. Imagen de Content Creator 09, (s/f). Reacciones reversibles y reacciones irreversibles. Reacciones reversibles y reacciones irreversibles. equilibrio dinámico. Gráfica científica vectorial de reacción química. Infografía de Equilibrio Químico, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/reversible-reactions-irreversible-dynamic-equilibrium-vector-2411961829>

Figura 10.1 Vaso con agua uno tapado y otro destapado. (IA, 2024)

Figura 10.2 proceso de evaporación-condensación. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.3 Proceso de equilibrio dinámico en una escalera eléctrica (IA, 2024)

Figura 10.4 Frasco de agua cerrado en equilibrio dinámico. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.5 Corriente de aire sobre partículas de agua. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.6 Representación de una reacción química en fase gas. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.7 Tres recipientes con moléculas de gaseosas diatómicas. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.8 Tres recipientes de diferente volumen cada uno con un par moléculas diatómicas diferentes. Creación Levy Noé Inzunza Camacho (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 10.9 Montaje para la producción de NO<sub>2</sub>. Breaking Vlad, (2018). Equilibrio químico/experimento, Consultado el 01 de julio de 2024, Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=A5CUnunMc9c&t=31s>

Figura 10.10 Montaje para atrapar NO<sub>2</sub>. Breaking Vlad, (2018). Equilibrio químico/experimento, Consultado el 01 de julio de 2024, Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=A5CUnunMc9c&t=31s>

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 11.* Los procesos químicos, sus velocidades y si requieren energía o la liberan, pueden entenderse en términos de colisiones de átomos o moléculas y reordenamiento de átomos para formar distintas sustancias, con los consiguientes cambios en la suma de las energías de enlace de todas las moléculas y los cambios correspondientes en la energía cinética. Imagen de Fouad A. Saad, (s/f). exothermic and endothermic reaction, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/exothermic-endothermic-reaction-1265893543>

Figura 11.1 Perfiles energético de reacción endotérmica (a) y exotérmica (b). Phet Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, bajo licencia CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>), Consultado el 14 de julio de 2024, Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Figura 11.2 Sistema de reacción entre A y BC. Phet Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, bajo licencia CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>), Consultado el 14 de julio de 2024, Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Figura 11.3 Sistema de reacción entre A y BC. Phet Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, bajo licencia CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>), Consultado el 14 de julio de 2024, Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Figura 11.4 Diagramas de reacción. Phet Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, bajo licencia CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>), Consultado el 14 de julio de 2024, Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Figura 11.5 Sistema de reacción A + BC. Phet Interactive Simulations, Universidad de Colorado Boulder, bajo licencia CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>), Consultado el 14 de julio de 2024, Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/reactions-and-rates>

Figura 11.6 Esquema de reacción entre H<sub>2</sub> y Br<sub>2</sub>. Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.7 Esquema de formación de intermediario. Elaborada por Levy Inzunza (PowerPoint 2024). Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.8 Esquema de colisiones. Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.9 Esquema de formación de intermediario. Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.10 Perfil energético de reacción. Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.11 Representación gráfica de las velocidades de reacción. Marin, Armando. (s/f). Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.12 Esquema de velocidades de reacción en el equilibrio. Marin, Armando (s/f) Cinética y equilibrio, lectura 2. <https://amyd.quimica.unam.mx/>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=600&section=1>

Figura 11.13 Diagrama de reacción para el sistema A + B = C + D

Figura 11.14 Diagrama de reacción. Elaborada por Levy Inzunza (PowerPoint 2024).

Figura 11.15 Diagrama de reacción. Elaborada por Levy Inzunza (PowerPoint 2024).

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 12:* Si un sistema en equilibrio es perturbado, el sistema evoluciona para contrarrestar dicha perturbación, llegando a un nuevo estado de equilibrio. Imagen de rktz, (s/f). Efecto de la temperatura sobre el equilibrio químico, cambio de reacción, representación de color, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/effect-temperature-on-chemical-equilibrium-reaction-2267642771>

Figura 12.1. Factores que afectan el equilibrio de una reacción. (Gemini, IA, 2024).

Figura 12.2 Henri-Louis Le Châtelier. (ChatGPT, IA, 2024).

Figura 12.3 Efecto de la presión sobre el equilibrio. Elaborado por Araceli Zarabia Salazar (Microsoft PowerPoint 2024).

Figura 12.4 Sistema de reacción entre Fe<sup>3+</sup> y SCN. Hurtado, Salvador. (s/a). <https://labovirtual.blogspot.com/>, Química, Propiedades de la materia, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://labovirtual.blogspot.com/p/quimica.html>

*Portadilla Progresión de Aprendizaje 13:* Los procesos nucleares, incluida la fusión, la fisión y la desintegración radiactiva de núcleos inestables, implican la liberación o absorción de energía. El número total de neutrones más protones no cambia en ningún proceso nuclear. Imagen de Designua, (s/f). Reacción nuclear. iniciando la reacción en cadena nuclear. Proceso de fisión del uranio-235. Descomposición radiactiva. ilustración vectorial en fondo oscuro, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/nuclear-reaction-starting-chain-uranium235-fission-232200139>

Figura 13.1 Experimento de Becquerel. Representa las sales de uranio sobre la placa fotográfica. Museo Virtual de la Ciencia, (s/f). Breve Historia de la Radiactividad (III), Wilhelm Conrad Röntgen (II), <https://museovirtual.csic.es/>, Consultado en agosto de 2024, Disponible en: <https://museovirtual.csic.es/coleccion/amaniel/radiactividad/radio3 htm>

Figura 13.2 Imagen de Marie Curie. (IA, 2024)

Figura 13.3 Trayectorias seguidas por las radiaciones provenientes de sustancias radiactivas en presencia de un campo magnético. Elaborado por Araceli Zarabia Salazar (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 13.4 Poder de penetración. Elaborado por Araceli Zarabia Salazar (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 13.5. Reacción en cadena del uranio-235. Elaborado por Araceli Zarabia Salazar (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 13.6 Si está presente una masa crítica, otro núcleo de  $^{235}\text{U}$  capturará muchos de los neutrones emitidos durante el proceso de fisión y ocurrirá una reacción en cadena. Tomada del libro Chang 2012.

Figura 13.7 Reacción en cadena del uranio-238. Elaborado por Araceli Zarabia Salazar (Microsoft PowerPoint, 2024)

Figura 13.8 Tratamiento de captura neutrónica de boro contra tumores cerebrales. (chatGPT IA, 2024)

Portadilla Progresión de Aprendizaje 14: La ciencia como un esfuerzo humano para el bienestar La química del aire ¿cómo mejorar lo que respiramos? imagen de Deemerwha, (s/f). El concepto de reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  utilizando energía limpia y reducir el problema del cambio climático con la ilustración de un vector de icono plano. Diseño de infografía de templos ecológicos para banner web, <https://www.shutterstock.com/es>, Consultado en julio de 2024, Disponible en: <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/concept-reduce-co2-emission-using-clean-2270559509>

Figura 14.1 Ciudad de Culiacán, vista panorámica. Fotografía de Cecilia del Rosario Zazueta Rodríguez (iPhone 11 pro, 2019).

Figura 14.2. Fuga de amoníaco en Culiacán. Sun, 2022, Autoridades alertaron a las personas que estuvieron cerca del siniestro para que se bañen y se cambien de ropa, puesto que esta sustancia tóxica puede ser absorbida por la piel, <https://www.informador.mx/>, Consultado en 03 de agosto de 2024, Disponible en: <https://www.informador.mx/mexico/Sinaloa-Fuga-de-amoniaco-en-Culiacan-deja-dos-muertos-y-29-intoxicados-20220831-0040.html>

Figura 14.3. Contaminación del aire en ciudad de México. Mexapress, 2023, Contaminación del aire en la Ciudad de México, <https://www.themexicanpress.com/>, Consultado en agosto de 2024, Disponible en: <https://www.themexicanpress.com/post/contaminaci%C3%B3n-del-aire-en-la-ciudad-de-m%C3%A9xico>

## Información de QR

QR 2.1 Video sobre reacciones endotérmicas y exotérmicas, <https://vm.tiktok.com/ZMh6xHRJG/>

QR 7.1 Enlace química simple. Fuente: [https://javalab.org/en/chemical\\_bonding\\_en/](https://javalab.org/en/chemical_bonding_en/)

QR 7.2 Reacción del sodio (Na) con agua para producir hidróxido de sodio acuoso e hidrógeno gaseoso ( $\text{H}_2$ ) y su ecuación química. Fuente: <https://me-qr.com/nud3719>

QR 8.1 Procesos endotérmicos y exotérmicos. Fuente: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_m3QS\\_2QGVM](https://www.youtube.com/watch?v=_m3QS_2QGVM)

QR 8.2 Simulación del mecanismo químico de compresas o bolsas térmicas. Fuente: <https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry/exothermic-and-endothemic/app/index.html?screen=sandbox&lang=en&referrer=ck12Launcher&backUrl=https://interactives.ck12.org/simulations/chemistry.html>

QR 13.1 Para explorar y aprender más sobre una de las aplicaciones de las reacciones nucleares que se utilizan en naves espaciales, como la Voyager 1 y 2, que tienen más de 30 años en vuelo y aún siguen funcionando, puedes ingresar tecleando la dirección, <https://www.tiktok.com/@thequantumfracture/video/7410778579081989408> o mediante el código QR de la derecha.

QR 13.2 Para explorar y aprender más sobre la exploración de la Voyager 1 y 2, puedes ingresar tecleando la dirección, [https://youtu.be/ETmUa-DYxns?si=WSbuFxFKRO2Dy\\_kGz](https://youtu.be/ETmUa-DYxns?si=WSbuFxFKRO2Dy_kGz) o mediante el código QR de la derecha.



## **REACCIONES QUÍMICAS**

Se terminó de imprimir en noviembre de 2024 en los talleres gráficos  
de SERVICIOS EDITORIALES ONCE RÍOS, S.A. DE C.V.,  
Luis González Obregón S/N, Nuevo Bachigualato, C.P. 80135,  
Tel 667 712 2950, Culiacán, Sin., México

Esta obra consta de 20,000 ejemplares



ISBN: 978-607-9432-69-0



9 786079 432690