

# QUÍMICA

TEXTO DEL ESTUDIANTE

# 3<sup>o</sup>-4<sup>o</sup>

**MEDIO**

**María Isabel Cabello Bravo**

Licenciada en Educación

Profesora de Química

Magíster en Ciencias

de la Educación

Este libro pertenece a:

**Nombre:**

**Curso:**

**Colegio:**

Te lo ha hecho llegar gratuitamente el Ministerio de Educación a través del establecimiento educativo en el que estudias.

Es para tu uso personal tanto en tu colegio como en tu casa; cuídalo para que te sirva durante los dos años.

Si te cambias de colegio lo debes llevar contigo y al finalizar el año, guardarlo en tu casa.

# Estructura del texto

## UNIDAD 1

### TERMOQUÍMICA




**Introducción**

¿Te imaginas un día sin energía? ¿Qué harías para calentar agua si no existiera el fuego o la electricidad?

¿Podrías practicar algún deporte o simplemente correr, si no consumes los alimentos necesarios?

Así de simple resulta hacernos cuestionamientos sobre la importancia de la energía en nuestra vida cotidiana. Basta con que repases las acciones que realizas en el día, para que formules muchísimas interrogantes.

Con el fin de responder estas y otras interrogantes, examinaremos las relaciones entre las reacciones químicas y los cambios de energía, aspecto de la **Termodinámica** que se denomina **Termoquímica**, área encargada del estudio de los efectos caloríficos que acompañan a las reacciones químicas.

**Discutamos el tema**

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Crees que la energía puede ser transformada?
- ¿Por qué crees que es esencial la energía en nuestro planeta?
- ¿Qué entiendes por transformación de energía? ¿En qué situaciones que ocurren en tu entorno, se observa transformación de energía?
- ¿Nuestro cuerpo, podría funcionar sin energía? ¿de dónde proviene la energía que necesitamos?
- ¿Qué relación puedes establecer, entre cada una de las imágenes presentadas y el estudio de la Termoquímica?



**Al finalizar esta unidad serás capaz de:**

- Comprender y describir las transformaciones de la energía calórica, involucradas en diferentes reacciones químicas.
- Aplicar las leyes y conceptos como la entalpía, entropía y energía libre, a situaciones de la vida cotidiana.
- Distinguir y describir procesos espontáneos y no espontáneos en las reacciones químicas.
- Describir procesos químicos en los que intervienen gases, y su relación con la energía libre y la constante de equilibrio.
- Justificar la pertinencia de hipótesis, conceptos, procedimientos, datos, resultados y conclusiones de investigaciones clásicas y contemporáneas.
- Procesar, organizar, interpretar datos y formular explicaciones, de diferentes situaciones que ocurren en nuestro entorno.
- Elaborar, discutir y evaluar, informes de investigación bibliográfica.

**Para qué?**

- Conocer la importancia del estudio de la Termodinámica, en procesos médicos, industriales y de importancia social.
- Valorar el trabajo experimental, para la construcción del pensamiento científico y para explicar el mundo que nos rodea.

## ENTRADA DE UNIDAD

Se presenta una Introducción de la Unidad, acompañada de imágenes y preguntas, que tienen por finalidad, conocer las ideas previas que los estudiantes tienen sobre el tema. También encontrarás los objetivos de aprendizaje de la unidad.

### TEMA 1

#### Cinética Química




**En este tema estudiarás:**

- Velocidad de reacción
- Factores que afectan la velocidad de reacción
- Acción de catalizadores e inhibidores
- Equilibrio químico
- Principio de Le Chatelier
- Mecanismos de reacción

**Y para comenzar...**

La velocidad a la que ocurre una reacción es un factor muy importante en la industria, en nuestro organismo e, incluso, en nuestros hogares. Recordemos algunos conceptos claves, que necesitamos para abordar este tema:

1. Recuerda, ¿en qué situaciones empleas el concepto "velocidad"?
2. Supongamos que sales de vacaciones con tu familia y te desplazas desde Santiago a la Serena, recorriendo un total de 454 km en 4 horas.
  - a. ¿A qué velocidad promedio se desplazó el automóvil?
  - b. ¿Cómo clasificas la velocidad del automóvil, rápida o lenta?
3. Aplica el concepto de velocidad a las situaciones que presentan las siguientes imágenes:
 

  - a. ¿Con qué rapidez o lentitud se realizaron las actividades?
  - b. ¿Cómo definirías "velocidad" aplicado a una reacción química?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Alto	Medio	Bajo
Puede explicar la necesidad de imágenes.			
A partir de las imágenes, comprende que los cuerpos interactúan entre sí.			
Conoce y aplica el concepto de energía.			
Entiende como se relaciona el entorno y el sistema, respecto a la energía.			
Identifica concretamente las unidades que corresponden a la magnitud de velocidad.			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Bajo" te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.

#### Procesos espontáneos y no espontáneos

**Estudiarémos**  
Espontaneidad y reversibilidad en procesos químicos.

**Introducción**

Muchos procesos químicos suceden de manera espontánea; otros, en cambio, deben ser manipulados o ajustados para que ocurran. Por ejemplo, si piensas en la masa para preparar pan, una vez mezclada será imposible que vuelva a ser la levadura que comenzó a "huffar" la masa; no obstante, la única forma de que el pan se cocine es introduciéndolo al horno. Te aquí una pregunta desafiante: ¿es posible que a partir de un pan ya horneado obtengas las ingredientes que se separaron? Si fuera posible, ¿sería un proceso espontáneo o no?

Desamóllala, junto con un grupo de compañeros y compañeras, actividades experimentales que te permitan reconocer procesos que ocurren en forma espontánea, y no espontánea y la dirección que acompaña a los mismos.

**Paso 1. La espontaneidad**

Observa atentamente las imágenes del clavo oxidado y los cubos de hielo propuestos en la actividad antes de comenzar.




**Paso 2. Preguntas de exploración**

Observa las imágenes mencionadas, ¿qué preguntas de investigación surgen entre ustedes? Aquí, a modo de guía, les proponemos las siguientes:

- a. ¿Qué factores influyen en la oxidación del clavo?
- b. ¿Qué hace que el hielo vuelva a ser líquido?
- c. ¿Es posible revertir el proceso de oxidación del clavo?
- d. ¿Son ambos procesos espontáneos o no espontáneos?
- e. Si ambos procesos ocurren espontáneamente, ¿existe alguna forma de revertirlos?

**Paso 3. Formulación de hipótesis**

Se trabajó con amplitud que cada una de las preguntas de exploración puede ser respondida acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes.

Usando distintas fuentes, dan respuesta a las preguntas de exploración y plantean las hipótesis experimentales junto con el equipo de trabajo.

#### CIENCIA EN ACCIÓN

**Indicadores de logro**

- Clasificar
- Describir
- Formular hipótesis
- Realizar experimentos
- Analizar, interpretar y comunicar resultados

**Materiales**

- Clavo
- Papel aluminio
- Termómetro
- Nieve de precipitación
- 100 y 500 mL
- Vaso

**Reactivos**

- Vasoque
- Cubos de hielo común
- Cubos de hielo seco

### El calor de combustión y el ahorro de energía

**Introducción**

En la industria química, como también en la vida cotidiana, son aquellos que dependen de la combustión de los combustibles los que se encuentran en cada actividad que el hombre realiza. Asimismo, el calentamiento de la atmósfera por la radiación solar, la distribución de la energía en el medio ambiente, la oxidación de los alimentos y su digestión, la calificación del fuego entre muchos otros.

Una característica general de los fenómenos térmicos es que existen tiempos que varían desde segundos hasta años, y otros que se producen en un lapso de tiempo que va desde milisegundos hasta millones de años.

Como temas estudiados, la cantidad de calor que se libera cuando se quema un combustible y la cantidad de calor que se absorbe por un cuerpo de masa (m), cuando la temperatura varía en un sistema determinado de presión, volumen, además, que la dependencia de la cantidad de calor con la entalpía de la sustancia, se considerará por una aplicación denominada **calor específico de la sustancia**.

¿Cuánta energía térmica puede absorber la cantidad de calor y el decremento de temperatura que experimentará la masa del cuerpo a su calor específico y la variación de temperatura. Considerando además, el tiempo que se requiere para la conversión de la energía, además que la energía absorbida o liberada por un cuerpo debe ser emitida al ambiente por este cuerpo. Así, por ejemplo, durante el proceso de combustión de un combustible que libera una cantidad de calor al quemarse.

**Objetivos de aprendizaje**

- Describir la combustión de los combustibles.
- Describir la combustión de los combustibles.
- Describir la combustión de los combustibles.

**Indicadores de logro**

- Describir
- Interpretar
- Comunicar

### Revisemos lo aprendido

**1. Cuestionario.** Responde brevemente las siguientes preguntas:

- ¿Qué es la cinética química y cuál es su importancia?
- ¿Cómo se define la velocidad de una reacción?
- ¿Existe alguna relación entre las condiciones termodinámicas, la velocidad y el equilibrio químico?
- ¿Qué factores modifican la velocidad de una reacción?
- ¿Cómo se asocia la teoría de las colisiones con los factores que afectan la velocidad de una reacción química?
- ¿Qué es un orden de reacción?
- ¿Cuál es la diferencia entre reacciones químicas reversibles e irreversibles desde el punto de vista químico, cinético y considerando el equilibrio químico?
- ¿Qué es la teoría de las colisiones?
- ¿Qué es el equilibrio químico y qué establece la ley de equilibrio químico?
- ¿Cuál es la diferencia entre los equilibrios homogéneos y los heterogéneos?
- ¿Qué postula el principio de Le Chatelier?
- ¿Qué es un mecanismo de reacción y cuál es su importancia?
- ¿Cómo funciona un convertidor catalítico?

**2. Ejercicios.**

Para cada una de las siguientes ecuaciones químicas, expresa y determina:

- Velocidad promedio en función de las reacciones.
- Expresión de la ley de velocidad, indicando el orden global de la reacción.
- Expresión de la constante de equilibrio químico.

**M<sub>1</sub>** Corresponde a equilibrios homogéneos o heterogéneos? Justifica tu respuesta.

**a.**  $2\text{NOCl}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$   
**b.**  $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$   
**c.**  $2\text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{H}_2(g)$   
**d.**  $\text{CO}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{COCl}_2(g)$   
**e.**  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$

**3.** En la reacción de formación del agua a partir de sus componentes, han desaparecido 0,2 mol de hidrógeno en 3 segundos. ¿Cuál es la velocidad de reacción en ese intervalo de tiempo en función del reactivo y del producto? según la ecuación:  
 $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$

**4.** ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio para la reacción de formación del ácido sulfúrico según la ecuación  
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{S}_{(s)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}_{(g)} + \text{S}_{(s)}$  producida a 600 °C en un recipiente con capacidad total de 12 litros? Determina la constante de equilibrio, considerando que en dicho estado se encuentran 5,2 mol de  $\text{H}_2\text{S}$ , 1 mol de  $\text{S}_{(s)}$  y 0,7 mol de  $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ . Determina  $K_c$ , sabiendo que el volumen del recipiente es de 12 litros.

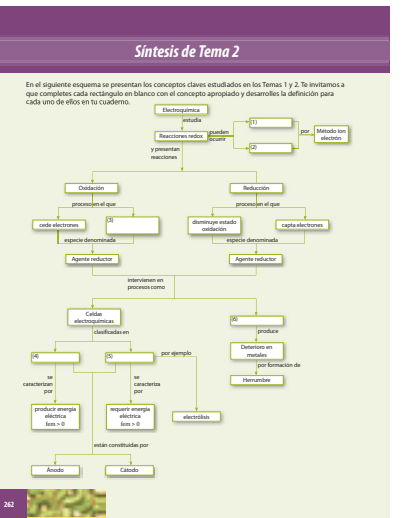
**5.** En la reacción de obtención del etano por hidrogenación del eteno, han desaparecido 0,4 mol de eteno durante los primeros 15 segundos de la reacción. Calcula la velocidad de formación del etano, así como las de desaparición del eteno y del hidrógeno.

**6.** La constante del siguiente equilibrio para la reacción de síntesis del amoníaco a 500 °C y 200 atm, es 0,5. ¿Cuál es la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) cuando las concentraciones de  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  en el equilibrio son 0,20 mol/L y 0,10 mol/L, respectivamente?

**7.** Para la reacción:  
 $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ , cuyo  $\Delta H$  es igual a  $-303$  kJ, justifica cómo se verá afectado el equilibrio en estos casos.  
 a. Al aumentar el volumen del recipiente a temperatura constante.  
 b. Al extraer  $\text{SO}_2$ .  
 c. Incrementar la temperatura manteniendo el volumen constante.

## REVISEMOS LO APRENDIDO

Al final de cada tema encontrarás ítems que te permitirán evaluar los objetivos de aprendizaje y conocer tu nivel de logro a través de la autoevaluación. Así podrás reforzar los contenidos y establecer estrategias, en caso de ser necesario.



## SÍNTESIS

Esta sección te permite organizar los conceptos relevantes o ideas fundamentales de las unidades revisadas. Podrás integrar y ordenar los conceptos para que los trabajos y complementes, así consolidar el aprendizaje.

### 4. Temperatura

El incremento de temperatura aumenta la velocidad de movimiento y la energía de las moléculas y por lo tanto, el número y efectividad de las colisiones.

Las moléculas que constituyen la materia absorben energía, separándose y adhiriéndose mayor velocidad en su movimiento. Este efecto aumenta la probabilidad de colisiones y, por ende, la velocidad de la reacción.

**Procedimiento:**

- Paso 1: Llena un vaso de vidrio con vinagre hasta la mitad y agrega una cucharadita de bicarbonato. Observa.
- Paso 2: Llena otro vaso de vidrio con vinagre hasta la mitad y agrega un cubo de hielo. Espera un minuto y agrega una cucharada de bicarbonato.

**Responde:**

- ¿En cuál de los dos pasos la reacción es más intensa?
- Compara, en cuál de los dos pasos reaccionan más moles de bicarbonato por segundo? Explica.
- ¿Cómo se puede observar la influencia de la temperatura en la velocidad de la reacción?

**¡HAZLO EN TU CASA!**

**Habilidades a desarrollar:** Observar, Medir, Calcular, Diseñar.

**Materiales:** Dos vasos de vidrio, Una cucharada, Vinagre, Bicarbonato, Cubo de hielo.

**DESAFÍO**

**Habilidades a desarrollar:** Analizar, Calcular, Comparar, Aplicar.

Considerando lo aprendido hasta aquí respecto a la importancia de la energía libre de Gibbs, volvamos a analizar la reacción del vinagre y el bicarbonato de sodio, procurando los registrados por el alumno en la tabla 2.

- ¿Cuál es la ecuación química que representa el proceso?
- Empilando los valores de la entalpía de la tabla 2, ¿cuál es el estado de la reacción?
- Según el valor de la entalpía, ¿cómo es el proceso?
- Empilando los valores de la entropía de la tabla 4, ¿cuál es la entropía de la reacción?
- ¿Qué indica el valor de la entropía del sistema?
- Considerando la expresión de Gibbs-Helmholtz, calcula  $\Delta G$ , ¿qué significa el valor obtenido?
- Considerando los valores obtenidos, los  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  planeados en la experiencia anterior ¿son viables? Comenta con tus compañeros y construye una conclusión al respecto.
- A partir del ejemplo estudiado, reconoces el significado, importancia y aplicación de la entropía y la energía libre?

## DESAFÍO Y ¡HAZLO EN TU CASA!

La actividad de Desafío te permite desarrollar y practicar las habilidades de pensamiento y de proceso relacionadas con el tratamiento de los contenidos. Las actividades ¡Hazlo en tu casa!, te permiten realizar experimentos simples utilizando materiales fáciles de conseguir, proporcionando un acercamiento de los contenidos con el entorno.

### Camino a...

**FECHA: / /**

**1.** Según la cinética química, ¿qué es una reacción química? ¿ocurre los átomos o moléculas débiles? ¿Cruce con la sustancia apropiada.

**2.** ¿Cruce con una concentración adecuada.

**3.** Responde enfático:

- ¿Cuál es la velocidad de reacción?
- ¿Cuál es la velocidad de reacción?
- ¿Cuál es la velocidad de reacción?

**4.** ¿Cuál es la concentración de hidrógeno en el nuevo equilibrio?

- 3,05 M
- 1,18 M
- 2,15 M
- 2,15 M

**5.** En la reacción  $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(g)$ , ¿cuál es la constante de equilibrio si se aumenta la presión y la temperatura se mantiene constante?

- I
- II
- III
- IV

**6.** La reacción que corresponde a la expresión:

$$\text{[NO]}^2 \text{[O}_2] = K_c$$

- $2\text{NO}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$
- $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{2(g)}$
- $\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$
- $\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$
- $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$

**7.** Según la teoría de las colisiones, la energía de activación corresponde a:

- La energía necesaria para que se produzcan choques efectivos.
- La energía liberada por el sistema al formar productos.
- La energía que fluye a la cual se crea el complejo activado.
- La energía que fluye desde los reactivos a los productos al disociarse y formarse enlaces.
- La energía absorbida para que se produzcan choques efectivos.

**8.** La energía liberada por el sistema al formar productos.

**9.** La energía que fluye a la cual se crea el complejo activado.

**10.** Responde del complejo activado que aparece en el diagrama de una reacción química. ¿Es correcto afirmar que:

- El complejo energético es mayor que el de los reactivos y menor que el de los productos.
- El complejo energético es menor que el de los reactivos y mayor que el de los productos.
- El complejo energético es mayor que el de los reactivos y mayor que el de los productos.
- El complejo energético es menor que el de los reactivos y menor que el de los productos.

**11.** ¿Cuál es la concentración de hidrógeno en el nuevo equilibrio?

- 3,05 M
- 1,18 M
- 2,15 M
- 2,15 M

## CAMINO A...

En esta sección encontrarás material adicional para ensayar tu PSU.

## MÁS QUE QUÍMICA

Relaciona el contexto histórico con el avance de la química. Entrega información sobre la contribución de diversas personas en el área y proporciona datos para ampliar los contenidos tratados.

## SABÍAS QUE

Sección en la cual los estudiantes pueden enterarse de datos curiosos, de las conexiones que tienen los contenidos tratados con otras áreas de aprendizaje y de las aplicaciones tecnológicas y prácticas de la química en la vida cotidiana.

## RECUERDA QUE

En este lateral se entrega información sobre conceptos ya estudiados, que sirven de apoyo al texto central.

## Para reflexionar

Pequeña sección orientada hacia la reflexión sobre el propio aprendizaje para desarrollar habilidades metacognitivas.

## Entrega recursos web, donde podrás complementar tus conocimientos.

# Índice

## Contenidos

<b>UNIDAD 1</b> <b>TERMOQUÍMICA</b>  10	<b>Tema 1</b> Fundamentos de la Termoquímica 12	1. Sistemas termodinámicos 2. Energía, trabajo y calor 3. Primera ley de la termodinámica	17 26 35
	<b>Tema 2</b> Entropía y Energía Libre de Gibbs 52	1. Entropía 2. Energía libre de Gibbs	56 70
<b>UNIDAD 2</b> <b>CINÉTICA Y EQUILIBRIO QUÍMICO</b>  90	<b>Tema 1</b> Cinética Química 92	1. Velocidad de reacción 2. Factores que afectan la velocidad de reacción 3. Acción de los catalizadores e inhibidores 4. Equilibrio químico 5. Mecanismos de reacción	95 115 121 127 139
	<b>Tema 1</b> Reacciones ácido-base y sus aplicaciones 150	1. Sustancias ácido – base 2. Teorías ácido – base 3. Auto ionización del agua 4. El pH 5. Indicadores ácidos y bases 6. Fuerza relativa de ácidos y bases 7. Hidrólisis 8. Neutralización 9. Titulaciones ácido – base 10. Amortiguadores	153 155 162 167 174 176 188 191 197 206
<b>UNIDAD 3</b> <b>REACCIONES DE TRANSFERENCIAS</b>  148	<b>Tema 2</b> Reacciones Redox y sus Aplicaciones 212	1. Oxidación y reducción 2. Números o estados de oxidación 3. Reconocimiento de ecuaciones Redox 4. Balance de ecuaciones Redox 5. Electroquímica 6. Ecuación de Nernst 7. Corrosión	215 218 222 225 232 246 250
	<b>Tema 1</b> Introducción y Polímeros Sintéticos 262	1. Polímeros 2. Polímeros sintéticos 3. Aplicaciones de los polímeros sintéticos	265 270 285
<b>UNIDAD 4</b> <b>POLÍMEROS</b>  260	<b>Tema 2</b> Polímeros naturales y sus aplicaciones 294	1. Polímeros naturales 2. Aminoácidos 3. Proteínas 4. Ácidos nucleicos 5. Carbohidratos	297 301 312 326 338
	<b>Tema 1</b> Energía Nuclear 348	1. Propiedades y estabilidad del núcleo atómico 2. Radiactividad 3. Velocidad de desintegración	351 363 381
<b>UNIDAD 5</b> <b>ENERGÍA NUCLEAR Y SUS APLICACIONES</b>  346	<b>Tema 2</b> Aplicaciones de la energía nuclear 394	1. Reactores y centrales nucleares 2. Aplicaciones de radioisótopos 3. Armas nucleares 4. Efecto en los seres vivos	397 407 413 419

Solucionario

430

Índice temático

441



### Actividad exploratoria

### Revista científica

### Evaluación y síntesis

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El agua se enfría y calienta 13</li> <li>• Experimentando con el trabajo y el calor 23</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El calor de combustión y el ahorro de energía 49</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 1 50</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos espontáneos y no espontáneos 53</li> <li>• Temperatura y entropía 59</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El calentamiento global 85</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 2 86</li> <li>• Síntesis de la Unidad 1 88</li> <li>• Camino a... 89</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¡Qué veloz! ¡Qué lento! 93</li> <li>• Principio de Le Châtelier 132</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso de Haber- Bosch 143</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 1 144</li> <li>• Síntesis de la Unidad 2 146</li> <li>• Camino a... 147</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos y bases 151</li> <li>• Ácidos y bases según su pH 164</li> <li>• Neutralización 189</li> <li>• Volumetría ácido-base 195</li> <li>• Disoluciones amortiguadoras 204</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas amortiguadores de importancia vital. 209</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 1 210</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacciones redox 213</li> <li>• Celdas electroquímicas 230</li> <li>• Celdas electrolíticas 235</li> <li>• Un fenómeno redox cotidiano 248</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electroquímica y la minería: Electrorrefinación del cobre en Chile 254</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 2 256</li> <li>• Síntesis de la Unidad 3 258</li> <li>• Camino a... 259</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros en construcción 263</li> <li>• Propiedades de los polímeros 268</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos biodegradables 291</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 1 292</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros Naturales 295</li> <li>• Identificando aminoácidos 298</li> <li>• Desnaturalización de las proteínas 310</li> <li>• El ADN 324</li> <li>• Carbohidratos 336</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los péptidos son el ingrediente estrella de las nuevas cremas 341</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 2 342</li> <li>• Síntesis de la Unidad 4 344</li> <li>• Camino a... 345</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación de la determinación de la masa atómica promedio 349</li> <li>• Velocidad de desintegración 378</li> <li>• Simulación de la desintegración radiactiva 387</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La radiactividad en el tabaco 391</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 1 392</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos de la energía nuclear en Chile 395</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¡Alimentos irradiados! 425</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisemos lo aprendido: Tema 2 426</li> <li>• Síntesis de la Unidad 5 428</li> <li>• Camino a... 429</li> </ul>

Glosario

444

Bibliografía

447

# La enseñanza de las ciencias

Somos capaces de percibir a todos los seres vivos y objetos inertes que están a nuestro alrededor haciendo uso de nuestros órganos de los sentidos: vemos, escuchamos, olemos, gustamos y sentimos todo cuanto está a nuestro alrededor, y nos planteamos preguntas de nuestra realidad.

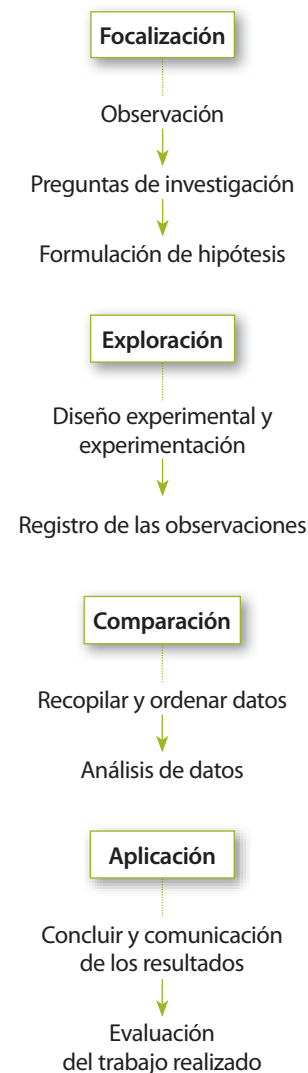
Esta búsqueda del conocimiento debe estar acompañada de estrategias, vale decir, de formas de elegir, coordinar y aplicar procedimientos para encontrar la respuesta a un problema.

El avance de las ciencias, que es una forma de ver el mundo, en general y en especial de la química, ha sido vertiginoso, exitoso y a expensas de largos períodos de trabajo individual y colectivo.

Es precisamente la acumulación de los conocimientos obtenidos a partir del trabajo científico la que permite comprender hechos cotidianos, curar enfermedades, mejorar procesos industriales, etc.

A medida que avances en este texto, conocerás y aplicarás muchas de las destrezas que emplean los científicos en su trabajo diario, y te darás cuenta de que muchas de ellas ya las utilizas. Mediante las actividades planteadas en este texto podrás practicar y desarrollar habilidades científicas que te permitan comprender informadamente fenómenos naturales buscar respuestas y soluciones a los problemas que se presentan a diario.

## Metodología de la indagación "Ciencia en acción"



Para desarrollar estas destrezas aplicaremos la metodología de la indagación, que considera las etapas de: Focalización - Exploración - Comparación - Aplicación, etapas que pondrás en práctica cuando realices **"Ciencia en acción"**, de modo que cuando observes, plantees las preguntas de la investigación y formules hipótesis, te encontrarás en la etapa de *Focalización*. Estarás en la etapa de *Exploración* cuando experimentes, realices el diseño de la investigación y registres tus observaciones. Establecerás la etapa de *Comparación* cuando recopiles, ordenes la información y analices los datos y, por último, realizarás la etapa de *Aplicación* cuando formules tus conclusiones y evalúes tu trabajo.

# Normas de seguridad en el laboratorio

Las **normas de seguridad en el laboratorio** serán acordadas con tu profesor o profesora; no obstante, ten presente las siguientes normas básicas:

1. Usa un delantal para cuidar la ropa de reactivos que sean corrosivos o puedan mancharla.
2. Lee con atención las instrucciones antes de comenzar a hacer las actividades propuestas.
3. Cuando trabajes en equipo, verifica que cada integrante tenga claros sus roles en la actividad experimental.
4. La mesa de trabajo debe estar siempre limpia y ordenada.
5. Los residuos inservibles y los productos sólidos de desecho no deben abandonarse sobre la mesa ni arrojarse al suelo o al desagüe, sino únicamente a la basura o a los recipientes habilitados para ello.
6. Si salpica a tu cuerpo, manos, ojos, alguna sustancia, infórmale de inmediato a tu profesor o profesora. Recuerda usar guantes o anteojos de seguridad cuando se indique.
7. Nunca debe calentarse con el mechero un líquido que produzca vapores inflamables. Cuando se caliente un tubo de ensayo, debe cuidarse que la boca del tubo no se dirija hacia ninguna persona cercana.
8. Nunca deben dejarse los reactivos cerca de una fuente de calor.
9. Cualquier situación imprevista, infórmala a tu profesor o profesora; por ejemplo: derrame de sustancias, quiebre de material de vidrio o cualquier duda que surja durante el desarrollo de la actividad.
10. No tomes ningún producto químico que el profesor o profesora no te haya proporcionado.
11. No huelas, pruebes o toques con la manos ningún reactivo.
12. Los ácidos requieren un cuidado especial. Cuando quieras diluirlos, mézclalos, cuidando que el ácido sea depositado sobre el agua.
13. Los productos inflamables (gases, alcohol, éter, etc.) no deben estar cerca de fuentes de calor. Si hay que calentar tubos con estos productos, se hará a baño María, nunca directamente a la llama.
14. Existen símbolos impresos en las etiquetas de los envases que contienen los reactivos para indicar el grado de peligrosidad de los mismos:
  - a. **Explosivos:** Sustancias que pueden explotar bajo el efecto de una llama.
  - b. **Comburente:** Sustancias que, en contacto con otras, originan una reacción fuertemente exotérmica, es decir, liberando calor.
  - c. **Tóxicas:** Sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.
  - d. **Irritantes:** Sustancias no corrosivas que por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria.
  - e. **Inflamables:** Subdivididas como:
    - Extremadamente inflamables: Sustancias cuyo punto de ignición sea inferior a 0 °C y su punto de ebullición inferior o igual a 35 °C.
    - Fácilmente inflamables: Sustancias que a temperatura ambiente en el aire pueden inflamarse.
  - f. **Corrosivas:** Sustancias y preparados que en contacto con los tejidos vivos pueden ejercer sobre ellos una acción destructiva.
15. Cuando trabajes con aparatos eléctricos verifica que los cables no estén cerca de tus pies. No los desenchufes tirando el cable.
16. Finalmente, cuando termines de trabajar:
  - a. Desecha los reactivos según las indicaciones que se sugieren en el texto y/o consulta a tu profesor o profesora.
  - b. Limpia o lava, si corresponde, los materiales.
  - c. Deja limpio tu lugar de trabajo.

**¡Manos a la obra! Con estas consideraciones, tu trabajo y el de tus compañeros – científicos será exitoso y aprenderás química de forma entretenida.**



**EXPLOSIVO**



**COMBURENTE**



**TÓXICO**



**IRRITANTE**



**INFLAMABLE**



**CORROSIVO**

# Habilidades científicas que trabajarás en el texto

## Observación

Gracias al uso de tus sentidos, podrás percibir objetos y sucesos. La observación metódica de un fenómeno u objeto en estudio te permitirá, además, desarrollar otras habilidades importantes del proceso científico, como inferir, comparar, clasificar y medir. A partir del proceso de observación surgirá naturalmente una pregunta que guiará el proceso de investigación.

## Medir y recopilar datos

En la búsqueda de respuestas para la pregunta de investigación, deberás medir y recopilar datos del fenómeno u objeto en estudio. Para ello usarás diferentes medios e instrumentos.

## Diseñar, elaborar y usar modelos

Para observar el fenómeno u objeto de estudio emplearás diversos medios, siendo uno de los más comunes los modelos, que son interpretaciones a escala de cosas muy pequeñas o muy grandes. Por ejemplo, las moléculas orgánicas. Como no puedes manipular una molécula orgánica, harás un modelo de ella, aumentando su tamaño muchas veces. Esto, además, te permitirá poner en práctica la creatividad. De hecho, los experimentos en sí mismos son modelos que te harán obtener respuestas.

## Predicción

Incluso, antes de poner a funcionar tu modelo o un experimento, hurgando en tus conocimientos y experiencias, además de la información que te entregue la observación, podrías predecir lo que sucederá.

## Inferencia

Formarás tu propio juicio a partir de la observación y del razonamiento. Esta inferencia es válida, pero no siempre correcta, razón por la que tu juicio se transforma en una hipótesis, la que deberás necesariamente poner a prueba para saber si es o no correcta.

## Formular hipótesis

Las hipótesis son suposiciones sobre la relación existente entre variables que explican el comportamiento de un objeto o que influyen en un hecho. Al experimentar podrás confirmarla o no. Si no puedes comprobarla, será necesario que formules una nueva y vuelvas a ponerla a prueba.

## Identificar y controlar variables

En cursos anteriores has aprendido que existen dos tipos de variables: las independientes (causas) y las dependientes (efectos). Al identificar las variables en un trabajo experimental podrás controlarlas y ver qué ocurre con el objeto o hecho estudiado, es decir, cómo se comporta la independiente y qué efecto tiene sobre la dependiente.

## Experimentar

Como te has podido dar cuenta, experimentar te permitirá observar la validez de la hipótesis planteada. Para ello realizarás diferentes procesos, utilizando instrumentos y reactivos para controlar variables, realizar observaciones, medir y recopilar datos.

## Presentar datos y resultados

Los datos obtenidos (no solo en actividades experimentales, también en actividades teóricas y prácticas) podrás presentarlos en tablas, gráficos o esquemas para mostrar ordenada y coherentemente los resultados obtenidos.





### Sacar conclusiones y comunicar

Basándote en los datos obtenidos y en la presentación de los resultados, podrás sacar conclusiones gracias al análisis que hagas de ellos, las que deberás comunicar para compartir tus aprendizajes con otros compañeros–científicos.

Todo lo anterior será posible solo si trabajas individualmente o en equipo con responsabilidad, efectividad y eficiencia. Cuando trabajas así, logras alcanzar los objetivos de aprendizaje, pues tú y todos los de tu equipo se involucran en la aventura de “aprender ciencias”.

Ten presente los siguientes consejos cuando debas realizar un trabajo en equipo:

- 1. Objetivo claro y común:** Cada uno de los integrantes del equipo sabe qué hacer y por qué lo harán.
- 2. Responsabilidad:** Cada integrante sabe que su trabajo es fundamental para el éxito del equipo y, por ende, actúa con responsabilidad y sentido del deber, considerando que sus acciones inciden en el bienestar de todos los miembros. Por ejemplo, al respetar las normas de seguridad en laboratorio.
- 3. Organización:** Se distribuirán todas las tareas que emanen de una actividad. Esto no significa que dividirán los trabajos parcializadamente, haciendo responsable a cada uno de una determinada parte; por el contrario, se organizarán para que todos y cada uno conozca las diferentes etapas y resultados del trabajo y así puedan suplir las necesidades que emerjan si uno de los integrantes se ausenta.
- 4. Coordinación:** Cada uno de los integrantes sabe la actividad que debe realizar, se ha preocupado de estar informado(a) y actúa en conjunto con sus compañeros–científicos.
- 5. Rotación:** Las tareas deberán rotar entre los integrantes del equipo en cada actividad para que todos puedan desarrollar y practicar las habilidades asociadas a la tarea. Por ejemplo: observar, medir, presentar resultados, comunicar, etc.

# UNIDAD 1

## TERMOQUÍMICA



### Introducción

¿Te imaginas un día sin energía? ¿Qué harías para calentar agua si no existiera el fuego o la electricidad?

¿Podrías practicar algún deporte o simplemente correr, si no consumes los alimentos necesarios?

Así de simple resulta hacernos cuestionamientos sobre la importancia de la energía en nuestra vida cotidiana. Basta con que repases las acciones que realizas en el día, para que formules muchísimas interrogantes.

Con el fin de responder estás y otras interrogantes, examinaremos las relaciones entre las reacciones químicas y los cambios de energía, aspecto de la **Termodinámica** que se denomina **Termoquímica**, área encargada del estudio de los efectos caloríficos que acompañan a las reacciones químicas.

### Discutamos el tema

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Crees que la energía puede ser transformada?
- ¿Por qué crees que es esencial la energía en nuestro planeta?
- ¿Qué entiendes por transferencia de energía?  
¿En qué situaciones que ocurren en tu entorno, se observa transferencia de energía?
- ¿Nuestro cuerpo, podrá funcionar sin energía? ¿de dónde proviene la energía que necesitamos?
- ¿Qué relación puedes establecer, entre cada una de las imágenes presentadas y el estudio de la Termoquímica?



### *Al finalizar esta unidad serás capaz de:*

- Comprender y describir las transformaciones de la energía calórica, involucradas en diferentes reacciones químicas.
- Aplicar las leyes y conceptos como la entalpía, entropía y energía libre, a situaciones de la vida cotidiana.
- Distinguir y describir procesos espontáneos y no espontáneos en las reacciones químicas.
- Identificar toda reacción química como un proceso que tiende a una situación de equilibrio.
- Describir procesos químicos en los que intervienen gases, y su relación con la energía libre y la constante de equilibrio.
- Justificar la pertinencia de hipótesis, conceptos, procedimientos, datos, resultados y conclusiones de investigaciones clásicas y contemporáneas.
- Procesar, organizar, interpretar datos y formular explicaciones, de diferentes situaciones que ocurren en nuestro entorno.
- Elaborar, discutir y evaluar, informes de investigación bibliográfica.

#### **¿Para qué?**

- Conocer la importancia del estudio de la termodinámica, en procesos médicos, industriales y de importancia social.
- Valorar el trabajo experimental, para la construcción del pensamiento científico y para explicar el mundo que nos rodea.

# TEMA 1

## Fundamentos de la Termoquímica

### En este tema estudiarás:

- Sistemas termodinámicos.
- Energía, trabajo y calor.
- Primera ley de la termodinámica.

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Concepto de energía.
- Magnitudes físicas y sus unidades.

### Y para comenzar...

- ¿Qué tipos de energías conoces?
- Si la energía puede ser transformada, ¿en qué situaciones del entorno, existe transformación de la energía?

La respuesta a las preguntas propuestas, tienen un punto en común: las reacciones químicas implican cambios de energía y dichas reacciones son el tema de interés de esta unidad.

Observa atentamente las imágenes y responde las preguntas planteadas:



1. ¿Qué representa la secuencia de imágenes propuesta y cómo explicas el cambio producido?
2. Si los recipientes y su contenido son denominados sistemas, ¿podrían decir que le pasó a cada sistema?
3. Si todo lo que rodea al sistema se denomina entorno, ¿Podrían explicar qué rol juega el entorno en el cambio que experimenta el sistema?, empleando los siguientes términos “energía”, “sistema”, “transferencia” y “entorno”.
4. ¿En qué unidades físicas corresponde expresar el fenómeno observado?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
Puedes explicar la secuencia de imágenes.			
A partir de las imágenes, comprendes que los cuerpos intercambian calor.			
Conoces y aplicas el concepto de energía.			
Entiendes como se relaciona el entorno y el sistema, respecto a la energía.			
Identificas correctamente las unidades que corresponden a la magnitud física en cuestión.			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador “Poco”, te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.





## El agua se enfría y calienta

### Estudiaremos

Características de los sistemas termodinámicos.

### Introducción

Seguramente han observado que los vendedores de helados ambulantes transportan su mercadería en cajas de plumavit, o que muchos alimentos se envuelven en papel de aluminio cuando están calientes o para cocinarlos. ¿Te has preguntado por qué?

Muchos sistemas conservan su temperatura o reducen exponencialmente el escape de calor gracias a paredes especiales.

La actividad que realizarán a continuación tiene relación con esas paredes especiales que recubren un sistema, permitiéndole mantener su temperatura o evitar su brusco descenso.

En este laboratorio trabajarán con distintos sistemas y observarán cómo influyen en el descenso o ascenso de la temperatura de una cantidad específica de agua.

### Paso 1: La exploración

La observación de un fenómeno suele ser el primer paso que da un científico para establecer cuestionamientos. A partir de ahí surgen las preguntas que guían la investigación, la formulación de hipótesis y la elaboración del diseño experimental mediante el cual se lograrán contrastar las respuestas.

¿Se han fijado que los líquidos que se encuentran a altas temperaturas, suelen enfriarse una vez que son puestos en ciertos recipientes, lo que también depende de las condiciones ambientales? Por ejemplo, una taza de té se enfriará más lento en verano que en invierno. El agua contenida en un termo no se enfriará tan rápido como la que está contenida en una taza o un vaso.

Observen atentamente las siguientes imágenes luego continúen con el paso 2 de esta actividad experimental.



Vaso envuelto en lana



Vaso envuelto en género



Vaso envuelto en plumavit



Vaso envuelto en papel aluminio



Vaso sin envolver

### Paso 2: Preguntas de exploración

Las preguntas tienen por finalidad guiar la investigación científica de acuerdo con las respuestas probables, las que muchas veces nacen de los conocimientos previos de los científicos o del estudio detallado de referencias bibliográficas, las que a su vez son consecuencia del conjunto de conocimientos existentes sobre el tema.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

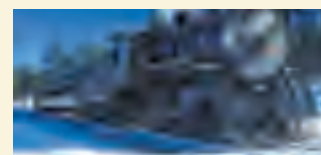
- Observar
- Comparar
- Reflexionar
- Formular hipótesis
- Predecir
- Analizar
- Comunicar

### Materiales

- Dos vasos de precipitado de 1 000 mL
- Vasos de vidrio del mismo tamaño
- Probeta de 100 mL
- Termómetro
- Trípode, mechero y rejilla
- Cubo y lámina de plumavit
- Lana
- Género sintético
- Papel aluminio

### Reactivos

- Agua
- Cubos de hielo



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajarás con un sistema que permite el calentamiento de sustancias, compuesto por trípode, rejilla y mechero. Recuerda tener mucho cuidado al calentar el agua, no mirar el recipiente desde arriba ni acercarte demasiado. Procede con precaución evitando accidentes.



Montaje diseño experimental, parte 1.

Como se indicó, las preguntas de exploración nacen de los procesos de exploración. Imaginen que en los vasos de las imágenes propuestas en el Paso 1 se vertiera agua caliente:

- ¿En cuál de ellos se enfriaría más rápido? ¿Por qué?
- ¿En cuál de ellos se enfriaría más lento? ¿Por qué?
- ¿Por qué el último vaso no tiene ninguna protección? ¿Qué importancia tiene este vaso para la interpretación de los resultados?

Observando las imágenes, formulen otras preguntas de investigación.

**Paso 3: Formulación de hipótesis**

Cada una de las preguntas de exploración o investigación puede ser respondida tal como se indicó, acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes. Estas respuestas corresponden a inferencias que serán sometidas a pruebas gracias al diseño experimental. Para las preguntas formuladas anteriormente, ejemplos de hipótesis experimentales son: *en el vaso cubierto por lana el agua se enfriará más lento o en el vaso que no tiene ninguna envoltura, el agua se enfriará más rápido. ¿De qué forma influyen los materiales que cubren cada uno de los vasos? ¿Por qué emplear un vaso cubierto con aluminio (Al) y no de otro material? ¿En que influye?* Los invitamos a determinar respuestas para las preguntas de investigación anteriormente propuestas y para las que han formulado como grupo.

**Paso 4: Diseño experimental**

**Parte 1.**

- 1 Las paredes de los vasos de vidrio serán cubiertas con distintos materiales, excepto el último.
  - Cubran el primer vaso con lana, forrándolos lo mejor posible.
  - Cubran el segundo vaso con el género sintético.
  - Introduzcan el tercer vaso en el cubo de plumavit. Para ello deberán perforar el cubo tratando de que ambos (vaso y plumavit) calcen perfectamente.
  - Cubran el cuarto vaso en papel de aluminio.
  - Dejen el quinto vaso sin protección alguna.
  - Fabriquen para cada vaso una tapa de plumavit que se ajuste perfectamente en él. En cada tapa, hagan una pequeña perforación que permita el ingreso y salida del termómetro fácilmente.
- 2 En el vaso de precipitado viertan 500 mL de agua fría. Procedan a calentarla hasta alcanzar los 98 °C.
- 3 Cuando el agua alcance los 98 °C, viertan 100 mL de agua en cada uno de los cinco vasos y procedan a taparlos rápidamente.
- 4 Midan la temperatura en cada vaso cada tres minutos durante los próximos 30 minutos.
- 5 Posteriormente, limpien y sequen los vasos, sin destruir los materiales que cubren las paredes, ya que serán utilizados en la Parte 2 de la experiencia.

**Parte 2.**

- 1 Depositen cinco cubos de hielo en el vaso de precipitado de 1 000 mL. Permitan que estos se derritan hasta que formen por los menos 10 mL de agua.
- 2 Distribuyan los 10 mL de agua en los cinco vasos utilizados en la Parte 1 (2 mL en cada uno de ellos).



- 3 Nuevamente midan la temperatura cada tres minutos en cada vaso durante los próximos 30 minutos.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Durante el procedimiento experimental, todos los científicos realizan un detallado registro de los datos y del comportamiento que observan. Esto les permite con posterioridad ordenarlos y disponerlos para su interpretación.

Para el registro de las observaciones, elaboren una bitácora, indicando, por cada vaso, lo que observaron y los datos de temperatura obtenidos. Pueden, si los medios lo permiten, tomar fotografías o grabar para registrar exactamente el hecho.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Una vez registradas las observaciones, deben ser organizadas para su interpretación, lo que posteriormente hará posible el análisis. Para ordenar los datos se pueden utilizar diversos métodos: tablas, fichas de registro, gráficos, entre otros. En esta oportunidad, les proponemos que ordenen las mediciones de temperatura en la siguiente tabla. Elaboren una para la Parte 1 (agua caliente) y otra para la Parte 2 (agua fría).

Parte _____					
Tiempo en minutos	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Vaso 4	Vaso 5
3 min					
6 min					
9 min					
12 min					
15 min					
18 min					
21 min					
24 min					
27 min					
30 min					

**Paso 7: Análisis de datos**

Una vez recopilados y ordenados los datos, están en condiciones de analizarlos y, a partir de ese razonamiento, pueden aceptar o rechazar las hipótesis propuestas con anterioridad.

En esta ocasión, los invitamos a responder las siguientes preguntas de investigación:

- 1 Denominaremos a los vasos que contienen agua caliente o fría *sistemas* y a lo que los rodea (pero no forma parte de ellos) *entorno*. Dibujen cada vaso o sistema, identificando las paredes o entorno del sistema.
- 2 Construyan un gráfico Temperatura vs. tiempo y procedan a graficar los datos de la Parte 1, y en otro gráfico, los de la Parte 2.  
En esta oportunidad, confeccionarán un gráfico de líneas con la temperatura registrada cada 3 minutos en cada vaso.

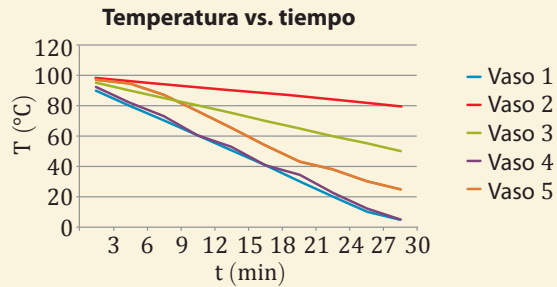


**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Una vez terminada la actividad, ordenen todos los materiales que han empleado. Depositen el agua en los desagües y el resto de materiales en los basureros dispuestos en la sala.

Algunas reglas básicas y fundamentales para la elaboración de gráficos son las siguientes:

- El gráfico debe estar dispuesto al centro de la hoja de trabajo.
- Debe presentar un título, en el que se indiquen las variables por graficar.
- En los ejes se deben señalar la magnitud y las unidades específicas, estas últimas entre paréntesis.
- Cada punto debe ser registrado con precisión y por el centro de él debe pasar posteriormente la línea que une los datos de cada vaso.
- Cada vaso debe estar representado con líneas de colores diferentes.
- Es importante que entregues un trabajo limpio y ordenado. A modo de ejemplo te presentamos un gráfico que fue construido con datos de otro experimento.

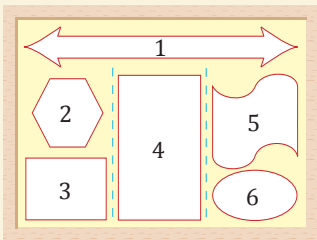


- 3 ¿Qué pueden interpretar de los gráficos elaborados?
- 4 ¿Cómo explican el comportamiento de la temperatura en los distintos vasos?
- 5 ¿Qué relación pueden establecer entre las paredes de los sistemas y el comportamiento de la temperatura?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Concluir y comunicar los resultados obtenidos configura una de las últimas etapas del trabajo científico. En este acto se establecen las relaciones entre las inferencias, la información obtenida de diversas fuentes y los resultados.

Posteriormente elaboren un panel informativo (ver figura lateral) teniendo presente las siguientes instrucciones y considerando que cada número está asociado a una ubicación específica dentro del panel:



- 1 **Título y subtítulo.**
- 2 **Introducción:** breve explicación de la actividad, incluido el objetivo.
- 3 **Desarrollo:** las preguntas de investigación, hipótesis y diseño experimental.
- 4 **Presentación de resultados:** datos obtenidos durante la experimentación.
- 5 **Presentación del análisis:** discusión de los resultados y el análisis de ellos, respondiendo las preguntas planteadas por ustedes con anterioridad.
- 6 **Conclusiones:** las afirmaciones del trabajo experimental.

Para el armado del panel informativo deben considerar que éste sea creativo, colorido, con explicaciones sencillas, de modo que permita comprender la actividad realizada, su finalidad y los resultados obtenidos según los números del modelo.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Al finalizar el proceso, debemos evaluar los aprendizajes obtenidos, así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo en forma individual. Esto resulta fundamental para determinar los aciertos que favorecieron el éxito del trabajo y los posibles errores que pudieron ponerlo en riesgo.





# 1. Sistemas termodinámicos

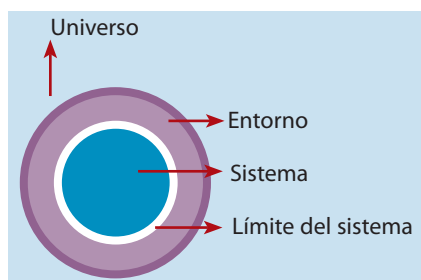
Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Qué observas?, ¿por qué el vendedor de helados emplea una caja de plumavit para transportar su mercadería?
- ¿Qué sucedería si en lugar de la caja de plumavit, el vendedor transportara sus helados en una caja de cartón?, Justifica tu respuesta.
- Si la caja de plumavit es el límite del sistema, ¿cuál es el "sistema" y cuál el "entorno"?, ¿cómo definirías cada uno de ellos?

## a. Sistema, entorno y universo

El **sistema** es lo que se desea estudiar, mientras que el **entorno** es la zona en la que se produce algún intercambio con el sistema. Aquella separación real entre el sistema y el entorno se denominan **límites** o **paredes del sistema**, mientras que el conjunto de sistema y entorno se denomina universo. Como se observa en la siguiente figura:



$$\text{Universo} = \text{Sistema} + \text{Entorno}$$

De acuerdo a sus características los sistemas se clasifican en:

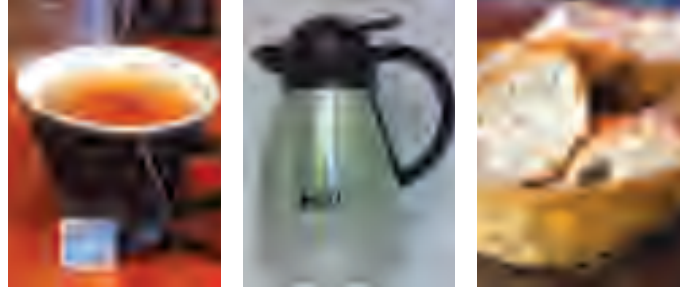
1. **Sistemas abiertos:** es el que permite el intercambio de energía y materia.
2. **Sistemas cerrados:** es aquel que permite el intercambio de energía, pero no de materia.
3. **Sistemas aislados:** es el que no permite el intercambio de energía ni de materia.

## SABÍAS QUE

En ciencias es necesario limitar el campo de investigación, a fin de abordarlo con claridad. Por esta razón, se debe determinar dónde está el fenómeno que nos interesa estudiar y señalar además cuáles son sus límites y qué le podría afectar, es decir, aquello que lo rodea.



Según la clasificación de los sistemas, ¿qué ejemplos de sistema abierto, cerrado y aislado conoces? Para ello, situémonos en la mesa de tu casa a la hora de once. Sobre ella se encuentran los objetos que están en las siguientes imágenes, ¡observa atentamente!, ¿qué sistemas existen en ellas? Comenta tus respuestas con un compañero.







En el sitio <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/sistema.html> encontrarás información sobre los sistemas termodinámicos.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Determinar
- Justificar
- Investigar

**1** Determina qué tipo de sistema representan las siguientes fotografías? Justifica tu respuesta.

Imagen				
Tipo de sistema				
Justificación				

**2** Existe una clasificación para el límite o paredes de un sistema, que es:

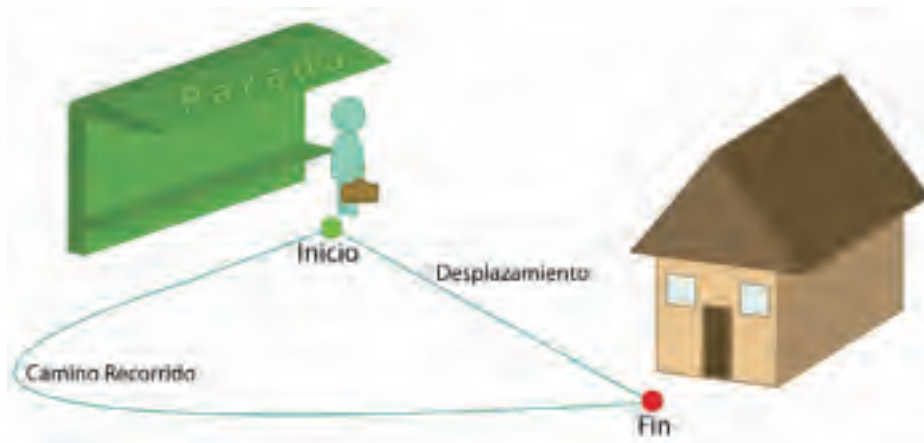
- a. Móviles e inmóviles
- b. Diatérmica y adiabática
- c. Permeable e impermeable.

Investiga y define esta clasificación y nombra un ejemplo para cada una.



## b. Propiedades o funciones de estado

Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Qué puedes interpretar de la imagen?
- Si el único objetivo de la persona es llegar a su casa, ¿importa el camino que eligió para hacerlo? Explica

Las propiedades de la materia se pueden agrupar en dos categorías: **físicas** y **químicas**, las primeras son factibles de medir sin cambiar la identidad y la composición de la sustancia. Estas propiedades incluyen color, olor, densidad, punto de fusión, punto de ebullición y dureza. Las propiedades químicas, en cambio, describen la manera en que una sustancia puede cambiar o reaccionar para formar otras sustancias. Por ejemplo, una propiedad química común es la inflamabilidad, la capacidad de una sustancia para arder en presencia de oxígeno.

Algunas propiedades como la temperatura, el punto de fusión y la densidad, no dependen de la cantidad de muestra que se está examinando, y se denominan **propiedades intensivas**. En cambio, las **propiedades extensivas** de las sustancias, dependen de la cantidad de la muestra e incluyen mediciones de la masa y del volumen.

Ahora bien, analicemos el siguiente caso. Supongamos que se tiene una muestra de 1 mL de agua a 10 °C. Considerando solo ese dato, ¿de cuál de los dos sistemas experimentales (A o C) proviene la muestra?, ¿corresponde a 1 mL de agua que se enfrió desde los 98 °C hasta los 10 °C o al agua que proviene de la fusión del hielo que ha ido experimentando un aumento de temperatura hasta alcanzar los 10 °C?



## MÁS QUE QUÍMICA

Si las propiedades macroscópicas intensivas a lo largo de un sistema son idénticas, el sistema se denomina homogéneo. Si por el contrario, estas propiedades no son idénticas, el sistema se denomina heterogéneo.



Una propiedad o **función de estado**, es una propiedad que se determina especificando su condición o su estado actual (en términos de temperatura, presión, volumen, entre otras propiedades). El valor de una función de estado no depende de la historia específica de la muestra, solo de su condición actual (como se pudo observar en el ejemplo del vaso con 1 mL de agua a 10°C)

Desde este punto de vista, se entiende que las funciones de estado están definidas por el cambio que experimenta la magnitud de un cuerpo u objeto respecto a su estado final e inicial (Cambio = Magnitud de la propiedad final – Magnitud de la propiedad inicial), lo que matemáticamente se expresa como:

$$\Delta X = X_{\text{final}} - X_{\text{inicial}}$$

Donde “X” representa la magnitud que se desea conocer.

Considerando la información proporcionada, *¿qué otras propiedades de estado conoces?*

*¿Puedes explicar la imagen propuesta al inicio, en relación a la definición de función de estado?*



En el sitio <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo1p/variables.html> podrás encontrar información sobre las variables termodinámicas y la función de estado.

### c. Conceptos y unidades de energía

Mira atentamente las siguientes imágenes, intenta descubrir *¿qué tienen en común?*

#### RECUERDA QUE

La energía cinética ( $E_c$ ) es la energía disponible como consecuencia del movimiento de un objeto y la energía potencial ( $E_p$ ), es la energía capaz de generar un trabajo, como consecuencia de la posición de un cuerpo.



La energía está presente en muchas actividades, solo mira a tu alrededor y observarás que las plantas crecen, los animales se trasladan y las máquinas y herramientas realizan variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que precisan de la energía. Esta es capaz, de manifestarse de diferentes maneras: en forma de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc. Según sea el proceso, se denomina: Energía térmica, energía eléctrica, energía radiante, energía química, energía nuclear.



La **energía** es una magnitud cuya unidad de medida en el sistema internacional (S.I.) es el joule (J). Corresponde a una propiedad asociada a los objetos y sustancias, y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza. Por ejemplo, al elevar un objeto, transportarlo, deformarlo o calentarlo. También está presente en los cambios químicos, como al quemar un trozo de madera o en la descomposición de agua mediante la corriente eléctrica.

Se caracteriza, entre otras cosas, por estar en constante transformación, pasando de unas formas más útiles a otras menos útiles. Por ejemplo, en un volcán, la energía interna de las rocas fundidas puede transformarse en energía térmica, produciendo gran cantidad de calor; las piedras lanzadas al aire y la lava en movimiento poseen energía mecánica y provocan la combustión de muchos materiales, liberando energía química (térmica).

De acuerdo a los conocimientos hasta aquí adquiridos y a las consultas bibliográficas que hayas realizado, revisa las respuesta que formulaste al inicio, y al fundamento que justifica el uso de cajas de plumavit para transportar helados, ¿ocupaste la palabra “energía” en tus respuestas?, ¿utilizaste la palabra “calor” en tus respuestas?, ¿cómo crees que se relaciona el concepto de “energía” con el “calor”?

#### d. Transformación de la energía

Mira atentamente las siguientes imágenes, intenta descubrir *¿cómo se transforma la energía? ¿qué tipo de energía crees que se presenta en la situación 1 y 2?*

Situación 1



Situación 2



Situación 3



La obtención de la energía y su uso efectivo y eficiente han sido y sigue siendo para el hombre un asunto preocupante y de estudio, ¿por qué?, pues de ella dependen gran cantidad de las actividades que hacemos a diario.

Esto no solo por su presencia, sino por la increíble capacidad que tiene de transformarse constantemente. Aunque generalmente, se define energía como “la capacidad para efectuar trabajo”, es preciso señalar que dicha definición es operativa y no refleja lo difícil que es conseguirla.

La energía también se transfiere por calentamiento o enfriamiento, lo que comúnmente llamamos **ganancia o pérdida de calor**. Desde el punto de vista mecánico se formulan dos tipos clásicos de energía: **la energía cinética** y **la energía potencial**. La primera es propia de los cuerpos en movimiento, y la segunda de la posición que ocupa el cuerpo respecto a algún campo de fuerza. Si analizamos el ejemplo del paracaidista observaremos que:

#### MÁS QUE QUÍMICA

La unidad SI para la energía es el joule (J) en honor al físico inglés James Prescott Joule (1818-1889), que trabajó en las áreas de electricidad y termodinámica. Investigó el trabajo y el calor:  $1\text{J} = 1\text{ kg m}^2/\text{s}^2$ . Una masa de 2 kg que se mueve a una velocidad de 1 m/s posee una energía cinética de 1 J:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} (2\text{ kg}) (1\text{ m/s})^2 = 1\text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1\text{J}$$

Un joule no es una cantidad grande de energía, y con frecuencia usaremos kilo-joule (kJ) al hablar de energía liberada o requerida por las reacciones químicas.





**Situación 1:** Al estar parado en la puerta del avión listo para saltar el paracaidista posee energía potencial gravitatoria.

**Situación 2:** Al lanzarse progresivamente la energía potencial disminuye y la energía cinética aumenta.

**Situación 3:** Al llegar a tierra y detenerse completamente la energía cinética y potencial se igualan a cero.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Identificar
- Investigar
- Justificar
- Relacionar

- 1** ¿Qué es un sistema termodinámico? Menciona dos ejemplos de sistemas termodinámicos que conozcas, indicando cuál es el sistema y cuál es el entorno.
- 2** ¿Cuáles de los siguientes conceptos: presión, temperatura, volumen, trabajo, energía y calor, son funciones de estado? Investiga y justifica tu respuesta.
- 3** ¿Qué es la energía? Menciona dos ejemplos de aplicación cotidiana, es decir, ejemplos de uso de energía presentes en tu casa o escuela.
- 4** Relaciona la columna A con la columna B, dependiendo de la transformación de energía que corresponde.

#### Columna A

1. Utilizar una batería
2. Utilizar una plancha para el cabello
3. Uso de paneles solares
4. Proceso de fotosíntesis

#### Columna B

- a. Energía solar en energía eléctrica
- b. Energía química a energía eléctrica
- c. Energía lumínica en energía química
- d. Energía eléctrica en energía térmica



¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?

1. ¿Comprendo el concepto de energía y sus transformaciones?
2. ¿Soy capaz de identificar procesos cotidianos en donde están involucrados diferentes tipos de energía?

Es importante estudiar los sistemas termodinámicos, para delimitar lo que estudiamos y su relación con todo lo demás (el sistema y el resto del universo). En Termodinámica es importante saber dónde empieza y termina el objetivo de estudio, sobre todo, para muchos científicos que aplican esta ciencia en diversos ámbitos de la vida, por ejemplo, para describir los procesos que ocurren en la naturaleza, la explicación del origen del universo, en empresas donde se usan instrumentos que intercambian calor, etc.



## Experimentando con el trabajo y el calor

### Estudiaremos

La relación que existe entre trabajo y calor.

### Introducción

Hemos visto con anterioridad los conceptos de trabajo y calor. ¿Se imaginan algunas aplicaciones prácticas considerando lo estudiado hasta este momento?

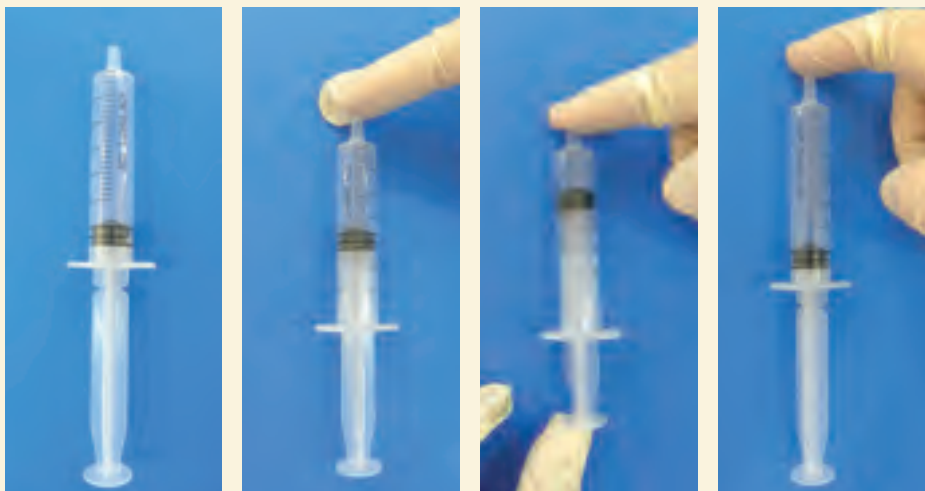
Puede que les resulte complejo imaginar un proceso en el que se relacionen trabajo y calor en un sistema y determinar si este es endotérmico (absorbe calor) o exotérmico (libera calor). Por eso se ha diseñado esta actividad, que les permitirá observar a través de un experimento muy sencillo la relación entre trabajo y calor.

Lean atentamente cada paso y trabajen colaborativamente. ¡Manos a la obra!

### Paso 1: La exploración

Como se mencionó con anterioridad, la observación es el primer paso en el desarrollo de una investigación. Así nacen preguntas que guiarán todo el proceso experimental.

Los invitamos a observar atentamente la siguiente secuencia de imágenes.



### Paso 2: Preguntas de exploración

A partir de la secuencia de imágenes presentadas anteriormente, se plantean preguntas de investigación tales como: ¿cuál es el sistema y cuál el entorno? ¿Por qué cambia el volumen de aire al ejercer presión sobre el émbolo? ¿La secuencia representa un proceso exotérmico o endotérmico?

Escriban todas las preguntas de investigación que surjan en su grupo al observar la secuencia de imágenes.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Al igual que en la primera actividad *Ciencia en acción*, es momento de formular todas las posibles respuestas a las preguntas de investigación. Los invitamos a formular sus hipótesis.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Formular hipótesis
- Investigar
- Registrar
- Analizar
- Comunicar
- Concluir

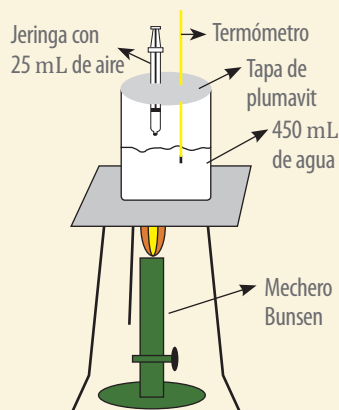
### Materiales

- Jeringa de 30 mL
- Termómetro
- Vaso de precipitado de 500 mL
- Rejilla, trípode y mechero
- Trozo de plumavit de 10 x 10 cm
- Silicona
- Tres monedas de 100 pesos

### Reactivos

- Agua





Montaje diseño experimental, ensayo 1

#### Paso 4: Diseño experimental

##### Ensayo 1

- 1 Llenen la jeringa con 25 mL de aire y procedan a sellar la punta con silicona.
- 2 Dispongan la jeringa y el termómetro en el trozo de plumavit que actuará como tapón del vaso de precipitado, cuidando que la perforación en la cual se introduzcan, permita el ingreso preciso de ambos sistemas.
- 3 Dispongan 450 mL de agua en el vaso de precipitado de 500 mL.
- 4 Procedan a taponar el vaso de precipitado de 500 mL con la tapa de plumavit, que contiene el termómetro y la jeringa con 25 mL de aire.
- 5 Dejen reposar el sistema durante 5 minutos y registren el volumen de aire y la temperatura del agua como estado inicial.
- 6 Dispongan el sistema sobre el trípode y la rejilla para proceder a calentar.
- 7 Calienten el sistema hasta que el agua alcance los 50 °C. Registren la temperatura del sistema y el volumen de aire dentro de la jeringa.
- 8 Mantengan la temperatura en 50 °C durante 10 minutos y registren nuevamente la temperatura y el volumen de aire dentro de la jeringa.
- 9 Repitan los pasos 7 y 8 a 70 °C y a 80 °C.

##### Ensayo 2

- 10 Una vez registrados los datos a 80 °C, manteniendo la temperatura, procedan a disponer sobre el émbolo de la jeringa una moneda de 100 pesos. Anoten el volumen de aire y la temperatura del sistema.
- 11 Agreguen la segunda y tercera moneda sobre el émbolo, registrando la temperatura del sistema y el volumen de aire en cada ocasión.

##### Ensayo 3

- 12 Apaguen el mechero y permitan que el sistema se enfríe hasta la temperatura inicial.
- 13 Una vez alcanzada la temperatura inicial, registren el volumen de aire con y sin monedas sobre el émbolo.

#### Paso 5: Registro de observaciones

Es imprescindible registrar los datos del experimento, para posteriormente ordenarlos y analizarlos. En la actividad propuesta, deberán registrar varias temperaturas y volúmenes; para ello, les recomendamos anotarlos utilizando un sistema como el propuesto a continuación:

Ensayo	Registros de temperatura y volumen inicial	
	Temperatura inicial	
	Volumen inicial	
	Registro a los 50 °C	
	Temperatura exacta del sistema	
	Volumen de aire en la jeringa	
	Registro a los 50 °C después de 10 minutos	
	Temperatura exacta del sistema	
	Volumen de aire en la jeringa	



**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Los datos entregados en la experiencia deben ser ordenados para posteriormente analizarlos. Completen la siguiente tabla para el Ensayo 1.

	Medidas						
	Inicial	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta	Séptima
Temperatura (°C)							
Volumen (mL)							

¿Cómo pueden ordenar los datos del Ensayo 2 y 3? ¿Qué sistema eligen? Una vez escogido el sistema de ordenamiento para ambos, procedan a elaborarlo.

**Paso 7: Análisis de datos**

Es fundamental que en el proceso de análisis se observen los datos obtenidos; con ellos respondan las preguntas de exploración formuladas y sometan su hipótesis a comprobación. ¿Es o son correctas las hipótesis planteadas?

Para guiar este proceso, los invitamos a responder, además, las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cuál es el sistema, el entorno y el universo?
- 2 En cada ensayo, ¿cuáles son las variables de estado que experimentan cambios y cuáles permanecen invariables?
- 3 ¿Qué es lo que se intercambia entre el sistema y el entorno?
- 4 ¿Qué relación pueden establecer entre la temperatura y el volumen de aire?
- 5 ¿Qué efecto provocan las monedas sobre el émbolo?
- 6 Investiga qué significa **compresión** y **expansión**.
- 7 ¿Qué factores intervienen en la compresión y en la expansión?
- 8 Expliquen: ¿Cuándo el sistema absorbe calor y provoca trabajo sobre el entorno? ¿Cuándo libera calor y el entorno provoca trabajo sobre él?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Considerando las hipótesis planteadas y el análisis experimental, establezcan conclusiones respecto a la relación que se observa entre trabajo y calor, y la determinación de procesos exotérmicos o endotérmicos.

Para comunicar tus resultados, les invitamos a elaborar un díptico informativo como el que se presenta a continuación. En él deben disponer toda la información de la actividad, desde la observación hasta las conclusiones, considerando además que debes usar un lenguaje formal; redactar en tercera persona; entregar información en forma comprensible (cualquier persona debe ser capaz de leer y entender lo que están informando); ser creativos, para lo cual pueden utilizar colores, dibujos, esquemas, mapas conceptuales, etcétera



Conversa con tu equipo de trabajo.

1. ¿Qué dificultades se presentaron durante el trabajo?
2. ¿Qué soluciones y medidas se tomarán para que no se vuelvan a repetir en las próximas actividades en las que trabajen juntos?
3. ¿Qué aprendieron en esta jornada respecto al trabajo en equipo?

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Emplearás un termómetro de mercurio. Debes cuidarlo y protegerlo de golpes, especialmente la punta en la que se encuentra el mercurio depositado. Si se produce algún golpe y se quiebra, avísale a tu profesor o profesora, no lo toques, el mercurio es un elemento altamente tóxico.

Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Depositen los desechos en los basureros dispuestos en la sala.



## 2. Energía, trabajo y calor

Seguramente en tu casa has realizado una tarea tan común como levantar una caja ¿cierto? Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Describe la imagen?
- ¿Qué representa la imagen? , ¿qué relación puedes establecer entre la imagen y los conceptos claves que trabajaremos “energía, trabajo y calor”?

### a. Trabajo

Analicemos en conjunto, la secuencia de imágenes que acabas de observar. La caja tiene una masa específica, que es atraída hacia el suelo por la fuerza de gravedad. Cuando se levanta una caja contra la fuerza de la gravedad, se efectúa trabajo. El trabajo ( $w$ ) que efectuamos al mover el objeto contra la fuerza es igual al producto de la fuerza ( $F$ ), por la distancia ( $d$ ) que lo movemos, así:

$$w = F \cdot d$$

Al levantar el objeto sentiremos calor, el que irá en aumento si la tarea se repite varias veces, puesto que las reacciones químicas en nuestro cuerpo generan calor. Conforme se siente más calor, este se transfiere al aire más frío que nos rodea. Así, vemos que el levantamiento de las cajas nos obliga a gastar energía en dos formas: trabajo realizado sobre el objeto y calor liberado al entorno.

### b. Calor

Te has preguntado alguna vez, ¿por qué un objeto “caliente” se “enfía”? , por ejemplo una taza de café. Discútelo con tus compañeros y propón tus posibles explicaciones.

En una taza recién servida, la disolución se encuentra a alta temperatura. Al disponerla sobre una mesa – por ejemplo – esta disolución comienza a enfriarse por transferencia térmica, flujo de calor o simplemente “calor ( $q$ )”. Se habla de flujo de calor para describir la transferencia de energía desde un objeto caliente a uno más frío, este último representado por el entorno. Así mismo, ocurre cuando agregas hielo a un vaso de jugo o bebida. ¿Puedes explicar cómo ocurre la transferencia térmica en este caso?

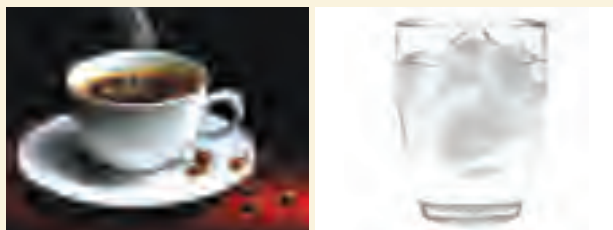
#### RECUERDA QUE

El calor no es lo mismo que la temperatura, la temperatura es una magnitud física que mide la sensación subjetiva de calor o frío de los cuerpos o del ambiente.





Observa las siguientes imágenes:



Contesta las siguientes preguntas:

- 1 Comparando el caso de la taza de café y del vaso al que se le agrega hielo, ¿puedes determinar en ambos casos, qué absorbe y qué libera calor?
- 2 En cada uno de los casos, ¿hasta cuándo fluirá calor entre el sistema y el entorno, si permanecen en contacto indefinido?
- 3 Investiga que es el equilibrio térmico. Indica dos ejemplos de situaciones que ocurran en tu entorno, donde se produzca equilibrio térmico.
- 4 En el primer caso, si la taza de café estuviera fría dentro de una habitación, ¿crees que el calor del entorno, puede ser transferido a la taza de café y calentarlo? Explica
- 5 ¿Con qué tipo de instrumento podemos medir la temperatura de cada una de las disoluciones?

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Deducir
- Investigar

### b.1. Calorimetría

La medición de flujo de calor se llama **calorimetría** y el aparato que mide el flujo de calor, **calorímetro**. Un ejemplo de calorímetro es un termo o un recipiente rodeado de material aislante.

#### b.1.1. Calor específico y capacidad calorífica

Cuando dejas una taza con té caliente sobre una mesa, ¿qué esperas que suceda al cabo de unos minutos? Que la temperatura descienda, por cierto. Asimismo, si dejas una bebida o jugo en una botella al sol, ésta aumentará su temperatura al cabo de algunos minutos. ¿Cuánta temperatura alcanzará el jugo o la bebida al cabo de un tiempo específico?, es decir, ¿cuánta energía absorberá?

La cantidad de energía que absorbe un cuerpo, depende de su **capacidad calorífica (C)**, definida como "la cantidad de calor necesaria para elevar su temperatura en 1 K o 1°C". Así, cuanto mayor es la capacidad calorífica de un cuerpo, más calor se necesita para producir un aumento de la temperatura.

Normalmente, la capacidad calorífica se expresa por mol o por gramo de sustancia. Cuando se expresa por gramo de sustancia se le denomina **calor específico (s)** y si se expresa por mol de sustancia, se denomina **capacidad calorífica molar (C)**

## SABÍAS QUE

El calor específico del agua líquida es uno de los más altos que se conocen. Por ejemplo, es cinco veces mayor que el del aluminio metálico. El elevado calor específico del agua facilita mucho la importante tarea de nuestro cuerpo de mantener una temperatura corporal constante de 37 °C. El cuerpo adulto contiene cerca del 60 % de su masa en agua y por ende tiene la capacidad de absorber o liberar cantidades relativamente grandes de energía sin afectar mucho su temperatura.



El calor específico ( $s$ ) de una sustancia se puede determinar experimentalmente midiendo el cambio de temperatura ( $\Delta T$ ) que experimenta una masa conocida ( $m$ ) de la sustancia, cuando gana o pierde una cantidad específica de calor ( $q$ ). Por ende.

$$\text{Calor específico} = \frac{\text{cantidad de calor transferido}}{(\text{masa de sustancia en gramos}) \cdot (\Delta T \text{ en } ^\circ\text{C})}$$

$$\text{Calor específico} = \frac{q}{m \cdot \Delta T}$$

La tabla 1 muestra calores específicos de algunas sustancias. Obsérvala atentamente, **¿qué puedes interpretar a partir de los datos proporcionados?**, **¿cuál es la sustancia que necesita de más calor para aumentar su temperatura en 1 °C?** Y **¿cuál la que necesita menos calor?**

Tabla 1  
Calores específicos de algunas sustancias a 25 °C

Elementos		Compuestos	
Sustancia	Calor específico (J/g °C)	Sustancia	Calor específico (J/g °C)
N <sub>2(g)</sub>	1,04	H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	4,18
Al <sub>(s)</sub>	0,90	CH <sub>4(g)</sub>	2,20
Fe <sub>(s)</sub>	0,45	CO <sub>2(g)</sub>	0,84
Hg <sub>(l)</sub>	0,14	CaCO <sub>3(s)</sub>	0,82

## EJERCICIO RESUELTO

Lee atentamente el siguiente ejemplo, extraído y adaptado del Texto *Química* de Raymond Chang.

Se requieren 209 J para aumentar la temperatura de 50 g de agua en 1 °C. Por tanto, el calor específico del agua es 4,18 J/g °C. Si se deseara aumentar la temperatura de 200 g de agua en 20 °C, ¿cuánto calor debe agregarse al sistema?

**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto, es necesario extraer los datos.

Datos:

Calor específico del agua = 4,18 J/g °C.

Se desea elevar la temperatura a 20 °C.

De 200 g de agua.

¿Cuánto calor es necesario agregar al sistema? ( $q$  = incógnita)

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas que relacionan los datos conocidos con la incógnita. En este caso:

$$\text{Calor específico} = \frac{q}{m \cdot \Delta T}$$



**Paso 3.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida.

$$4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C} = \frac{q}{200 \text{ g} \cdot 20^\circ\text{C}}$$

**Paso 4.** Resolver. Para esto debemos despejar  $q$  y obtener el valor deseado.

$$4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 200 \text{ g} \cdot 20^\circ\text{C} = q$$

$$q = 16720 \text{ J}$$

**Paso 5.** Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Cuál es la pregunta formulada en el problema? ¿Cuál es el valor obtenido y qué significa?

Según lo aprendido en las páginas anteriores, podemos señalar que los 200 g de agua deberán absorber 16720 J de calor para elevar la temperatura en 20 °C.

¿Qué aplicaciones cotidianas encuentras al ejercicio que se acaba de desarrollar? Solo para guiar tu reflexión, ¿consideras que el valor de  $q$  necesario para elevar 200 g de agua en 20 °C es grande o pequeño?



En el sitio <http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap13.pdf> podrás descargar un archivo en formato pdf, que te ayudará a repasar los conceptos de calor, capacidad calorífica y calor específico.

### c. Unidades de energía

La unidad de energía más conocida es la **caloría**, que se abrevia **cal**. Corresponde a la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua en 1°C. Como esta cantidad de energía es muy pequeña se emplea comúnmente la **kilocaloría (kcal)**, considerando que:

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

El sistema internacional de unidades (S.I.) determina que la unidad de energía es el Joule (J), considerando la siguiente igualdad, que deriva directamente de las unidades que se emplean para medir energía cinética y potencial:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Y para las reacciones químicas se usa convenientemente el kiloJoule (kJ), que equivale a 1000 J. La equivalencia de kilojoule a calorías es:

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} \text{ así } 1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

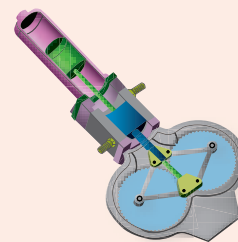
Es muy importante señalar que, aún cuando la energía, el trabajo y el calor son conceptos diferentes, se pueden expresar en las mismas unidades.

El estudio de la energía y sus transformaciones es importante en muchos ámbitos y procesos de nuestro entorno. Considera que sin ella no podríamos satisfacer muchas de nuestras necesidades básicas. Es indispensable en la fabricación de muchos productos que usamos diariamente y es importante en procesos que ocurren en nuestro organismo.

### SABÍAS QUE

Una forma de obtener energía, sin la necesidad de quemar combustible, usar paneles fotovoltaicos o molinos eólicos, es utilizar la tecnología Stirling. Se basa en un motor que posee el mismo nombre, apoyado en los conceptos Termodinámicos.

Posee un foco frío y uno caliente y en su interior un gas que se expande y se contrae, realizando trabajo generando electricidad. La energía para el foco caliente, proviene de discos parabólicos que se orientan para que reflejen la energía del Sol. Así, se crea energía mecánica producto de la expansión y contracción en el interior del motor. Investiga más sobre el tema y responde, ¿cuáles son las ventajas de utilizar este tipo de proceso para obtener energía? ¿Has escuchado de algún otro tipo de tecnología, para producir energía?



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Clasificar
- Calcular

- 1 Clasifica las siguientes magnitudes de acuerdo a las propiedades intensivas y extensivas, unidad de medida e instrumento que permite su medición en el caso que corresponda.

Magnitud	Tipo de propiedad (Extensiva / intensiva)	Unidad de medida según S.I.	Instrumento de medición
Temperatura			
Calor			
Energía			-----
Trabajo			-----

- 2 Desarrolla los siguientes ejercicios:

- a. ¿Qué cantidad de calor se necesita para calentar 200 g de aluminio (Al) desde 20 a 30 °C? El calor específico del aluminio es 0,90 J/g · °C
- b. ¿Cuánto calor hace falta para elevar la temperatura 8,25 g de agua de 24 a 90 °C. El calor específico para este intervalo de temperatura es de 5,20 J/g · °C
- c. Para elevar la temperatura de una muestra de 16 g de tolueno (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) desde 20 a 28,2 °C se necesitan 175 J. Calcula el calor específico del tolueno.
- d. Para elevar la temperatura de 195 g de hielo, desde 2 °C hasta 28 °C, ¿cuánto calor expresado en kJ se necesitan? (calor específico del agua es de 4,18 J / g · °C)

### d. Energía interna

Imagina que calientas agua en tu casa, ¿es lo mismo calentar 1 o 4 litros?, ¿por crees que sí o que no?

Si pudieras mirar microscópicamente las moléculas de agua que estás sometiendo a calentamiento, ¿qué imaginas que observarías?, ¿qué sucederá con el sistema desde el punto de vista energético?, ¿podrías determinar cuánta energía afecta al sistema? Comenta junto a tus compañeros.

¡Muy bien!, cuando se calienta agua, el aumento de la temperatura hace que las moléculas se trasladen de un punto a otro, roten y vibren con mayor intensidad. Por otro lado, con el aumento de la temperatura disminuyen las interacciones moleculares y claro, mientras mayor sea la masa de lo que se está calentado, se debe suministrar más energía, por lo tanto, ¿qué sucede con la energía del sistema?

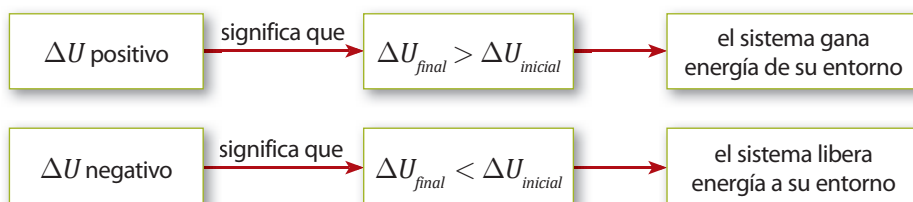
La energía total de un sistema es la suma de todas las energías cinéticas (E<sub>c</sub>) y energías potenciales (E<sub>p</sub>) de sus partes componentes y es conocida como **energía interna del sistema (U)**, que corresponde a una función de estado. Todo sistema, está formado por átomos, iones o moléculas y, por



ende, por la suma de todas las energías cinéticas y potenciales individuales. Como comprenderás, dada la gran cantidad y variedad de tipos de movimientos e interacciones, no es posible determinar la energía exacta de ningún sistema de interés práctico. Lo que sí se puede hacer es medir los cambios de energía interna que acompañan a los procesos físicos y químicos. Así, se define el cambio de energía interna ( $\Delta U$ ) como la diferencia entre la energía interna del sistema al término de un proceso y la que tenía al principio:

$$\Delta U = U_{(final)} - U_{(inicial)}$$

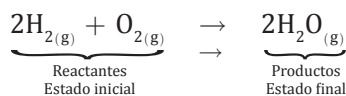
Las unidades de  $\Delta U$ , así como otras cantidades termodinámicas, están compuestas por tres partes: un número, una unidad que da la magnitud del cambio y un signo que da la dirección. Así, en el diagrama se observa que la energía que un sistema pierda deberá ser ganada por el entorno y viceversa.



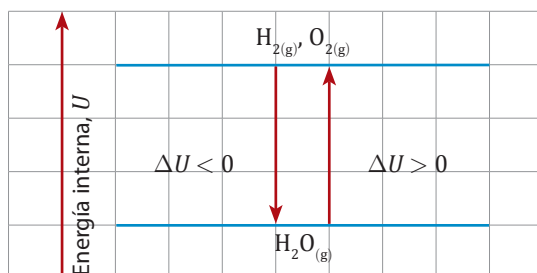
### Ejemplo:

Para explicar este proceso en una reacción química, Brown en su texto *Química la Ciencia Central*, propone el siguiente caso:

En una reacción química, el estado inicial del sistema se refiere a los reactivos y el estado final, a los productos. Por ejemplo, cuando el hidrógeno ( $H_2$ ) y el oxígeno ( $O_2$ ) forman agua ( $H_2O$ ), el sistema libera energía al entorno en forma de calor. La reacción que representa este proceso es:



Cuando el contenido de energía de los productos es menor que el de los reactivos, el  $\Delta U$  para el proceso es negativo. Esto implica que la energía interna del hidrógeno y del oxígeno es mayor que la del agua, como muestra el siguiente diagrama de energía:





**SABÍAS QUE**

Existen comidas, que en un principio fueron creadas para uso militar, llamadas comidas autocalentables. Consisten en recipientes de comidas ya preparadas que se calientan sin necesidad de utilizar gas, electricidad u otra fuente de energía. Se pueden calentar de varias formas, por ejemplo, presionando un botón en el envoltorio, desenvolviendo y agitando el recipiente, o vertiendo el contenido de una bolsa en otra. Todas esas formas usan reacciones químicas exotérmicas. Por ejemplo, un vaso con chocolate está dividido en tres cámaras, la primera contiene el chocolate, la segunda sales de calcio, y la tercera contiene agua. Si se presiona el fondo del vaso, una varilla rompe la membrana de aluminio que separa el compartimento del agua y el de las sales de calcio, produciéndose la reacción química. Luego se agita unos segundos el vaso para que el chocolate se caliente.

Como te habrás dado cuenta, cualquier sistema puede intercambiar energía con su entorno, en dos formas generales, como calor y como trabajo.

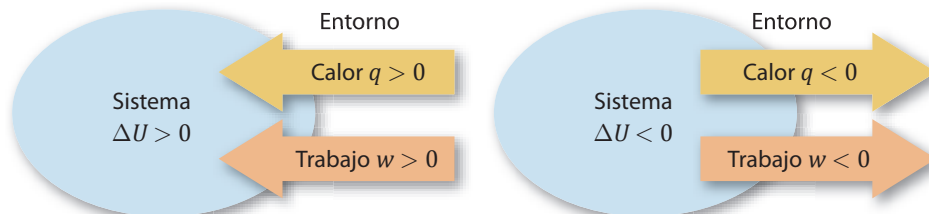
La energía interna de un sistema cambia cuando se realiza transferencia térmica en forma de calor o trabajo. Así, la relación entre cambio de energía interna ( $\Delta U$ ), calor ( $q$ ) y trabajo ( $w$ ) está dada por la siguiente expresión, que corresponde a la **primera ley de la termodinámica**:

$$\Delta U = q + w$$

Se puede decir que:

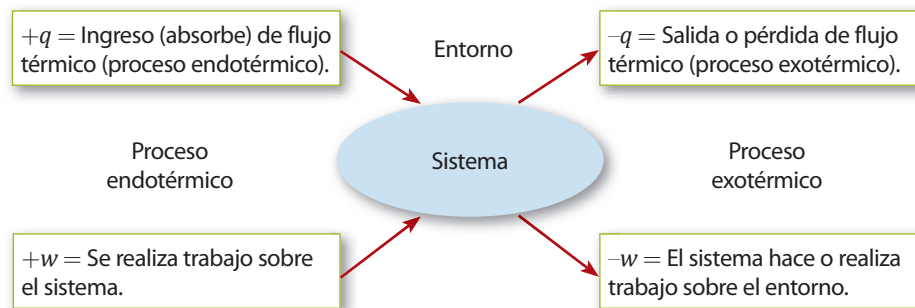
- Cuando se transfiere calor del entorno al sistema,  $q$  tiene un valor positivo.
- Cuando se transfiere calor del sistema al entorno,  $q$  tiene un valor negativo.
- Cuando el entorno efectúa trabajo sobre el sistema,  $w$  tiene un valor positivo.
- Cuando el sistema efectúa trabajo sobre el entorno,  $w$  tiene un valor negativo.

Los siguientes esquemas representan estas situaciones:



Cuando el calor ( $q$ ) absorbido por el sistema y el trabajo ( $w$ ) efectuado sobre el sistema son cantidades positivas, contribuyen a aumentar el cambio de energía interna del sistema  $\Delta U = q + w$

Cuando un sistema absorbe energía, es decir, **aumenta la energía interna**, es sinónimo de que el entorno realiza trabajo sobre el sistema ( $+w$ ) y se transfiere energía hacia el sistema en forma de calor ( $+q$ ), proceso conocido como **endotérmico**. Por otra parte, cuando el sistema ejerce trabajo sobre el entorno ( $-w$ ) y entrega calor ( $-q$ ), el proceso habrá liberado energía al entorno, convirtiéndose en un proceso **exotérmico**, como muestra el siguiente esquema:

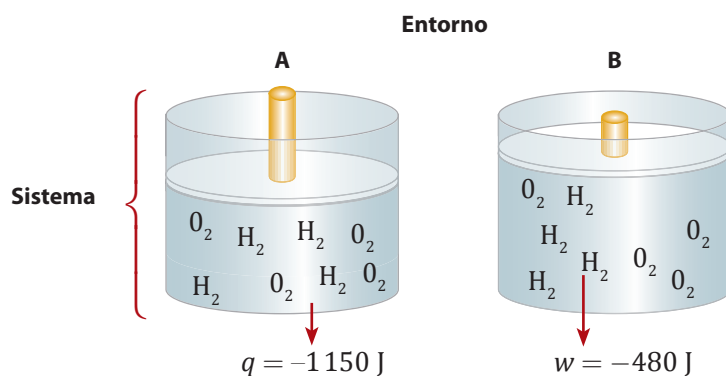


En el sitio <http://www.rena.edu.ve/TerceraEtapa/Fisica/Calor.html> encontrarás información respecto al calor, la energía interna y el trabajo. Con animaciones que describen algunos procesos.

## EJERCICIO RESUELTO

Analicemos el siguiente ejemplo extraído de *Principios y reacciones* de W. L. Masterton, que explica la convención de signos aplicada al cálculo de  $\Delta U$

“Cuando se encienden los gases hidrógeno y oxígeno en un cilindro cerrado, se produce una reacción química, producto de la cual el sistema libera 1150 J de calor al entorno. Además, la reacción hace que un pistón ubicado en la parte superior del sistema se eleve al expandirse los gases calientes. El gas en expansión efectúa 480 J de trabajo sobre el entorno al empujar el pistón contra la atmósfera. ¿Cuál es el cambio de energía interna del sistema?”



**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto, es necesario extraer los datos.

Datos:

Calor liberado ( $q$ ) = 1150 J

Trabajo ( $w$ ) = 480 J

¿Cuál es el cambio de energía interna del sistema? ( $\Delta U$  = incógnita)

En el ejemplo se indica que se transfiere calor del sistema al entorno y que el sistema efectúa trabajo sobre el entorno. Por las convenciones de signo, tanto  $q$  como  $w$  son negativos, como se observa en la figura mostrada anteriormente.

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas que relacionan los datos conocidos con la incógnita. En este caso:

$$\Delta U = q + w$$

**Paso 3.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$\Delta U = (-1150\text{J}) + (-480 \text{ J})$$

$$\Delta U = -1630 \text{ J}$$

**Paso 5.** Observa atentamente el valor obtenido, ¿qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante: ¿Qué significa que la variación de energía interna ( $\Delta U$ ), tenga un valor negativo?



Construyamos una conclusión en conjunto.

1. La variación o cambio de energía interna ( $\Delta U$ ) corresponde a la diferencia entre la energía interna del sistema al término de un proceso y la que tenía inicialmente.
2. Cuando la variación de energía interna es negativo, se entiende que  $\Delta U_{\text{final}}$  sea menor que  $\Delta U_{\text{inicial}}$  entonces el sistema libera energía a su entorno.

Finalmente podemos concluir que el valor obtenido indica que: el sistema transfiere o libera 1630 J de energía al entorno.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Inferir
- Calcular
- Analizar
- Interpretar

- 1 Para los siguientes procesos, investiga la reacción química que se produce e indica si corresponden a procesos exotérmicos o endotérmicos.
  - a. Formación de la capa de ozono
  - b. Explosión de la dinamita
  - c. Combustión del gas de cocina (gas butano)
  - d. El proceso de fotosíntesis
- 2 Responde las siguientes preguntas:
  - a. Cuando hervimos agua sobre en una tetera, sobre una cocina, el agua se calienta. ¿esto corresponde a un proceso exotérmico o endotérmico? Explica
  - b. En algunas ocasiones, cuando una persona practicando un deporte se lastima un tobillo, se utilizan bolsas frías para evitar la inflamación y el dolor. Explica en términos del flujo de energía cómo la bolsa fría trabaja en un tobillo lastimado.
- 3 Desarrolla los siguientes ejercicios:
  - a. Calcula el cambio de energía interna del sistema en un proceso en el que el sistema absorbe 140 J de calor del entorno y efectúa 85 J de trabajo sobre el entorno. ¿qué significa el resultado que obtienes?
  - b. Durante un proceso exotérmico se registra que el sistema libera 1,5 kJ de calor al entorno y ejerce 65 J de trabajo. ¿Cuál es el cambio de energía interna y qué significado que tiene ese cambio?
  - c. Si se establece que el cambio de energía interna de un sistema equivale a 120 J y se sabe que absorbió 300 J de calor del entorno:
    - ¿Ejerce trabajo el sistema sobre el entorno o viceversa?
    - ¿Qué cantidad de trabajo está involucrado en el proceso?



Una vez desarrollados los ejercicios y problemas propuestos reflexiona y comenta junto a otro estudiante, los avances en el proceso de aprendizaje. Para ello respondan las siguientes preguntas: ¿Identifico las transformaciones de la energía?, ¿comprendo la primera ley de la termodinámica?, ¿relaciono los contenidos estudiados con situaciones que ocurren en el entorno?

### 3. Primera ley de la termodinámica

Observa atentamente la siguiente imagen:



- En la imagen, ¿cuál es el sistema?, ¿el sistema gana o pierde energía, y en qué forma?
- ¿Crees que la energía puede ser creada o destruida? Explica.
- ¿Qué situaciones similares a la imagen ocurren en tu entorno?

Este ejemplo ilustra una de las observaciones más importantes en la ciencia: **la energía no se crea ni se destruye, se transforma y se conserva**. Así, se observa que la energía que un sistema pierda, deberá ser ganada por el entorno y viceversa. Este principio se conoce en termodinámica como **primera ley de la termodinámica o ley de la conservación de la energía**, a la que aludimos recientemente al estudiar la energía interna de un sistema.

#### a. Entalpía (H)

La gran mayoría de los cambios físicos y químicos ocurre a presión atmosférica, cuyo valor es relativamente constante (1 atmósfera). Imagina una olla con agua que hierve en la cocina de tu casa; ello corresponde al sistema que absorbe calor del entorno (la llama de la cocina) y realiza trabajo sobre el mismo. Cuando el agua alcanza la temperatura de ebullición, el vapor de agua que sale levanta levemente la tapa, provocando que ésta se mueva sobre ella, como se puede observar en la siguiente imagen:



La primera ley de la termodinámica, es importante para comprender las relaciones en las que están involucrados el calor, el trabajo mecánico y otros aspectos de la energía y las formas en que es transferida. Por ejemplo, para comprender lo que sucede en el interior del motor de un automóvil.

Así como en el ejemplo de la olla y en la actividad *Ciencia en Acción* “Experimentando con el trabajo y el calor”, en casi todos los procesos, sobre todo en aquéllos en los que no intervienen gases, solo se efectúan cantidades diminutas de trabajo cuando el sistema se expande o contrae levemente contra la fuerza de la atmósfera (presión). Por lo tanto, la mayor parte de la energía que el sistema gana o pierde durante estos procesos adopta la forma de calor.

En la situación planteada en el procedimiento experimental con la jeringa se observa que cuando se calienta un sistema desde su estado inicial (+ $q$ ), aumenta su energía interna ( $U$ ). Cuando el sistema llega a su estado final, este ha realizado trabajo hacia su entorno ( $-w$ ), es decir, disminuye su energía interna ( $U$ ). La pregunta entonces será: ¿cuánta energía interna se ganó y se gastó durante esta transformación?

Sabemos que la variación de energía interna se puede determinar por:

$$\Delta U = U_{(final)} - U_{(inicial)}$$

Considerando que un sistema puede intercambiar energía con el entorno en forma de calor o trabajo, y que esta energía no se puede crear ni destruir; la energía interna se modifica, representándose por la siguiente expresión, que corresponde al primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = q + w$$

Si en la expresión anterior, se reemplaza la ecuación que representa el trabajo que realiza un gas sobre el entorno  $w = -P \cdot \Delta V$ , se obtiene:

$$\Delta U = q_p + w$$

$$\Delta U = q_p + (-P \cdot \Delta V)$$

$$\Delta U = q_p - P \cdot \Delta V$$

Donde el símbolo  $q_p$  se emplea para indicar que el calor se proporciona a un sistema que está a presión constante y se denomina comúnmente como **cambio o variación de entalpía** ( $\Delta H$ ) y hace referencia al calor del proceso.

Por lo tanto, considerando un sistema a presión constante, la expresión de la primera ley de la termodinámica será:

$$\Delta U = \Delta H + w \quad \Delta U = \Delta H - P\Delta V$$

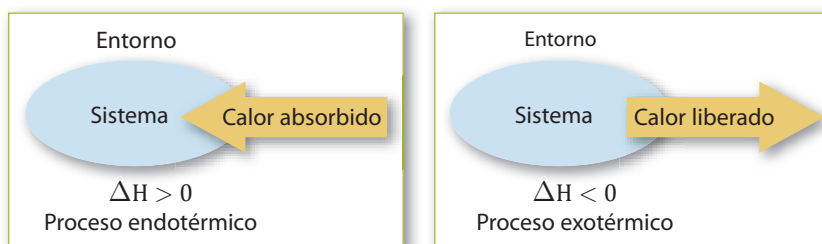
La entalpía ( $H$ ) (de la palabra griega *enthalpien*, que significa “calentar”) se refiere al calor absorbido o liberado a presión constante, y al igual que la energía interna, es una función de estado; por ende:

$$\Delta H = \Delta H_{(final)} - \Delta H_{(inicial)} = q_p \quad \Delta H = \Delta H_{(productos)} - \Delta H_{(reactantes)}$$





Puesto que  $\Delta H$  equivale a una cantidad de calor, el signo de  $\Delta H$  indica la dirección de la transferencia de calor durante un proceso que ocurre a presión constante. Observa atentamente los siguientes diagramas:



En el sitio <http://www.catalogored.cl/recursos-educativos-digitales/que-es-la-entalpia.html> encontrarás un software educativo del Catalogo Red, Recursos Educativos Digitales del Ministerio de Educación en el que podrás repasar el concepto de entalpía, e identificar conceptos de procesos exotérmicos y endotérmicos y relacionarlos con la vida cotidiana.

### a.1 Entalpía de formación estándar.

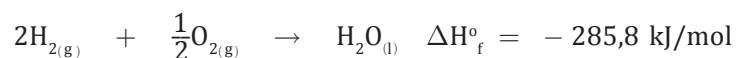
Gracias a la calorimetría es posible conocer diferentes tipos de entalpías, las de vaporización (convertir líquidos en gases), las de combustión, entre otras.

Dentro de estos, un proceso de especial importancia es la formación de un compuesto a partir de los elementos que lo constituyen, denominada **entalpía de formación** (o calor de formación) y se designa como  $\Delta H_f^\circ$ , donde el subíndice *f* indica que la sustancia se formó a partir de sus elementos.

Por otra parte, la magnitud de cualquier cambio de entalpía depende de las condiciones de temperatura, presión y estado (gas, líquido, o sólido) de los reactivos y productos. Por ello, a fin de poder comparar las entalpías de diferentes reacciones, es conveniente definir un conjunto de condiciones llamadas **estado o condiciones estándar**, que corresponden a la presión atmosférica con un valor equivalente a 1 atmósfera (1 atm) y a la temperatura de 298 K, correspondiente a 25° C. Así, la entalpía estándar ( $\Delta H^\circ$ ) de una reacción se define como el cambio de entalpía, cuando todos los reactivos y productos están en su estado estándar.

La **entalpía estándar de formación** de un compuesto ( $\Delta H_f^\circ$ ) es el cambio de entalpía de la reacción que forma 1 mol del compuesto a partir de sus elementos, con todas las sustancias en su estado estándar.

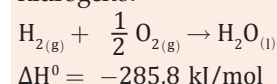
Por ejemplo, la entalpía estándar de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ) para el agua líquida es:



### SABÍAS QUE

Una de las soluciones para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera, debido al uso de combustibles fósiles o derivados del petróleo, es el uso del hidrógeno (H) como combustible. El hidrógeno como combustible, tiene muchas ventajas, pero aún está en desarrollo. El calor de combustión del hidrógeno con el oxígeno es de  $14,1 \cdot 10^4$  kJ/kg muy superior al de los combustibles fósiles como la gasolina, que aproximadamente de  $4,5 \cdot 10^4$  kJ/kg Sus productos de combustión se pueden considerar contaminantes en un grado muy bajo. La obtención más viable del hidrógeno es a través de la electrólisis del agua, el cual produce hidrógeno de gran pureza:

$\text{H}_2\text{O} + \text{energía} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$   
Reacción de combustión del hidrógeno:



$$\Delta H^\circ = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

Investiga y responde, ¿cuáles son las principales ventajas que presenta el uso del hidrógeno como combustible?, ¿qué relación tiene el hidrógeno con las pilas de combustible?, ¿dónde son utilizadas?



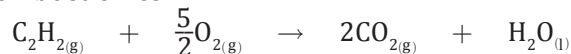
En la tabla 2 se presentan las entalpías de formación de algunas sustancias:

**Tabla 2**  
Entalpías estándar de formación (25 °C, 1 atmósfera)

Sustancia	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol)	Sustancia	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol)	Sustancia	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol)
Al <sub>(s)</sub>	0	C <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	-83,85	I <sub>2(g)</sub>	+62,2
Ca <sub>(s)</sub>	0	CH <sub>3</sub> OH <sub>(g)</sub>	-201,2	NO <sub>2(g)</sub>	+33,85
CaCO <sub>3(s)</sub>	-1206,9	CH <sub>3</sub> OH <sub>(l)</sub>	-238,4	NO <sub>(g)</sub>	+90,4
CaO <sub>(s)</sub>	-635,6	Cl <sub>2(g)</sub>	0	NH <sub>3(g)</sub>	-46,3
C <sub>(grafito)</sub>	0	CH <sub>3</sub> COOH <sub>(l)</sub>	-487	NaHCO <sub>3(s)</sub>	-947,68
C <sub>(diamante)</sub>	+1,9	H <sub>2(g)</sub>	0	NaCl <sub>(s)</sub>	-411,0
C <sub>(g)</sub>	+716,67	H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	-241,8	O <sub>2(g)</sub>	0
CO <sub>(g)</sub>	-110,5	Ca <sup>2+</sup>	-542,96	SO <sub>2(g)</sub>	-296,4
CO <sub>2(g)</sub>	-393,5	H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-285,8	SO <sub>3(g)</sub>	-395,2
CH <sub>4(g)</sub>	-74,87	HI <sub>(g)</sub>	+25,9	PCl <sub>3(g)</sub>	-306,3
C <sub>2</sub> H <sub>2(g)</sub>	226,73	H <sub>2</sub> S <sub>(g)</sub>	-20,1	PCl <sub>5(g)</sub>	-339,2

### EJERCICIO RESUELTO

La entalpía de formación estándar de combustión del acetileno ( $\Delta H_c^0$ ) es -1299 kJ/mol. ¿Cuál es la  $\Delta H_f^0$  para el acetileno o etino (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)? La ecuación de combustión es:

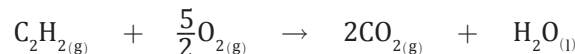


**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto es necesario extraer los datos relevantes así como la incógnita.

Datos:

$\Delta H_c^0$  del acetileno es 1299,4 kJ/mol.

La ecuación de combustión del acetileno:



Especies participantes en la combustión son C<sub>2</sub>H<sub>2(g)</sub>, O<sub>2(g)</sub>, CO<sub>2(g)</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>, cuyas  $\Delta H_f^0$  se encuentran en la tabla 2.

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas que relacionan los datos conocidos con la incógnita. En este caso:

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

(Donde:  $\sum$  corresponde a la sumatoria de las entalpías de los reactivos y de los productos;  $n$  y  $m$  son los coeficientes estequiométricos de la reacción).

**Paso 3.** Reemplazar los datos de la fórmula escogida. (Ubicar los valores de  $\Delta H_f^0$  en la tabla 2).

$$\Delta H = \left[ (2 \text{ mol CO}_2 \cdot \Delta H_{f(\text{CO}_2)}^0) + (1 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot \Delta H_{f(\text{H}_2\text{O})}^0) \right] - \left[ (1 \text{ mol C}_2\text{H}_2 \cdot \Delta H_{f(\text{C}_2\text{H}_2)}^0) + \left( \frac{5}{2} \text{ mol O}_2 \cdot \Delta H_{f(\text{O}_2)}^0 \right) \right]$$

$$-1,299 \text{ kJ/mol} = [(2 \text{ mol CO}_2 \cdot -393,5 \text{ kJ/mol}) + (1 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot -285,8 \text{ kJ/mol})] - [(1 \text{ mol C}_2\text{H}_2 \cdot \Delta H_{f(\text{C}_2\text{H}_2)}^0) + (\frac{5}{2} \text{ mol O}_2 \cdot 0 \text{ kJ/mol})]$$

**Paso 4.** Resolver. Al despejar  $\Delta H_{f(\text{C}_2\text{H}_2)}^0$  se obtiene:

$$\Delta H_{f(\text{C}_2\text{H}_2)}^0 = \frac{-787,0 \text{ kJ} - 285,8 \text{ kJ} + 1299 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}}$$

$$\Delta H_{f(\text{C}_2\text{H}_2)}^0 = +226,2 \text{ kJ/mol}$$

**Paso 5.** Interpretar para dar una respuesta. ¿Qué te dice el valor obtenido?

Que la entalpía de formación del acetileno es + 226,2 kJ/mol.

Observa atentamente el valor obtenido: ¿qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Qué es la variación de entalpía de formación? ¿Qué significa que el valor de la variación de entalpía sea positivo o negativo? ¿Qué puedes concluir? Para construir la conclusión debes observar la pregunta que guía el proceso y los resultados obtenidos.

Podemos señalar finalmente que, para que se produzca la formación del acetileno bajo estas condiciones, es necesario adicionar al sistema una cantidad de energía igual o superior al valor de la entalpía calculado.

## MÁS QUE QUÍMICA

Por definición, la entalpía estándar de formación de la forma más estable de cualquier elemento es cero porque no se requiere una reacción de formación si el elemento ya está en su estado estándar.

### Procedimiento:

- En dos tubos de ensayo o vasos de vidrio dispón una pequeña cantidad de virutilla
- Al primero de ellos agrega dos cucharaditas de agua y registra la temperatura (cada 2 minutos) en la tabla que se dispone a continuación.
- En el segundo tubo agrega dos cucharaditas de vinagre y registra nuevamente la temperatura.

Tiempo (minutos)	Vaso o tubo con agua Temperatura ( °C)	Vaso o tubo con vinagre Temperatura °C
0		
2		
4		
6		
8		
10		

### Responde:

- 1 Observa atentamente los datos obtenidos, ¿cómo se relacionan con la termoquímica?
- 2 Investiga, ¿qué reacción química estudiaste?, ¿cómo la clasifícas, exo o endotérmica?
- 3 A partir de lo aprendido, ¿menciona 4 reacciones endotérmicas y 4 exotérmicas que son comúnmente empleadas?

## ¡HAZLO EN TU CASA!

### Habilidades a desarrollar:

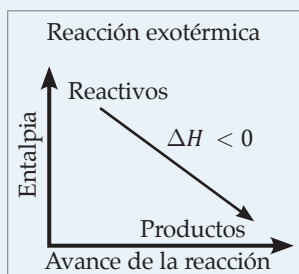
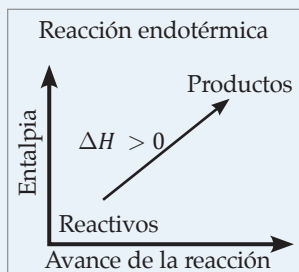
- Análisis
- Interpretación
- Síntesis
- Investigación

### Materiales

- Dos tubos de ensayo o vasos de vidrio
- Termómetro
- Virutilla
- Vinagre
- Agua

## MÁS QUE QUÍMICA

Un diagrama entálpico es una representación esquemática de las variaciones de entalpía de un proceso. Por ejemplo, en estos diagramas, se pueden representar las reacciones exotérmicas y endotérmicas:



## a.2 Entalpía de reacción

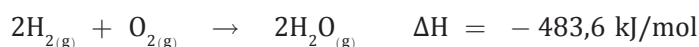
Como  $\Delta H = \Delta H_{(final)} - \Delta H_{(inicial)}$ , el cambio de entalpía para una reacción química estará dado por la entalpía de los productos y la de los reactivos según la siguiente expresión:

$$\Delta H = \Delta H_{(productos)} - \Delta H_{(reactantes)} \quad \text{ó} \quad \Delta H = \Delta H_{(final)} - \Delta H_{(inicial)}$$

Donde:

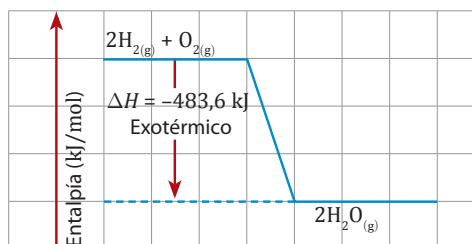
$\Delta H$  es la **entalpía de reacción o calor de reacción**.

En termoquímica se informa junto a la ecuación química el  $\Delta H$  correspondiente, conformando una **ecuación termoquímica**. Por ejemplo, durante la combustión de dos moles de hidrógeno ( $H_2$ ) con 1 mol de oxígeno para formar 2 moles de agua ( $H_2O$ ) a presión constante, el sistema libera 483,6 kJ de calor, lo que se representa de la siguiente forma:



De esta ecuación podemos asegurar que:

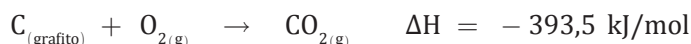
- El signo negativo de  $\Delta H$  indica que la reacción es exotérmica.
- $\Delta H$  se informa al final de la ecuación balanceada, sin mencionar explícitamente la cantidad de sustancias que intervienen.
- El cambio de entalpía que acompaña a una reacción también puede representarse en un diagrama de entalpía como el que se muestran a continuación.



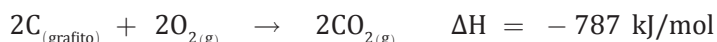
La entalpía ( $H$ ) del sistema se considera como la medida de la cantidad de calor almacenada como energía potencial. Así, el hecho de que la combustión del hidrógeno sea exotérmica ( $-483,6 \text{ kJ}$ ) indica que los productos de la reacción poseen una entalpía más baja que los reactivos y que el contenido de calor del sistema es menor después de la reacción a causa del calor que se liberó al entorno.

Antes de trabajar con las ecuaciones termoquímicas y los diagramas de entalpía, es necesario considerar los siguientes aspectos estequiométricos:

**1. La entalpía es una propiedad extensiva.** La magnitud de  $\Delta H$  es directamente proporcional a la cantidad de reactivo consumida en el proceso. Por ejemplo, la combustión de 1 mol de carbono grafito (C) para producir 1 mol de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) está representada por la siguiente ecuación termoquímica:

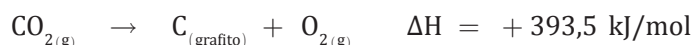


En la combustión de 2 moles de carbono cambia el balance de la ecuación y produce el doble de calor:

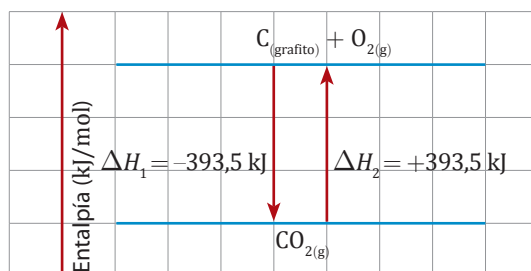


2. El cambio de entalpía para una reacción tiene la misma magnitud, pero signo opuesto de  $\Delta H$  para la reacción inversa. La reacción de combustión del carbono grafito (C) produce dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y se produce la liberación de  $-393,5$  kJ de calor cuando se quema 1 mol de carbono en un sistema a presión constante.

Si se observa el proceso inverso, tenemos:



En un diagrama de entalpía se representan ambas reacciones:



Este hecho se conoce como **Ley de Lavoisier y Laplace** y corresponde a otra forma de presentar el principio de conservación de la energía, ya que al invertir un proceso no debe haber un cambio en la cantidad de energía. Si se suman ambos procesos, se obtiene  $\Delta H = 0$ .

3. El cambio de entalpía para una reacción depende del estado de los reactivos y de los productos. Por tanto, es preciso especificarlos. Además, se supone generalmente que tanto los reactivos como los productos están a la misma temperatura ( $25^\circ\text{C}$ ), a menos que se indique otra cosa.

## EJERCICIO RESUELTO

Analicemos el siguiente ejemplo:

La combustión completa de la sacarosa ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), produce dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), desprendiéndose  $-5588$  kJ. La reacción que representa este proceso es:



¿Qué cantidad de calor está asociada a la combustión de 950 g de sacarosa?

**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto, es necesario extraer los datos.

Datos:

Entalpía de reacción:  $-5588$  kJ/mol

Masa de sacarosa: 950 g

Calor asociado a la combustión de la sacarosa ( $\Delta H =$  incógnita)

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas que relacionan los datos conocidos.

Transformar de gramos a moles  $n = \frac{m \text{ (g)}}{\text{MM} \text{ (g/mol)}}$

## RECUERDA QUE

Las propiedades extensivas de las sustancias, dependen de la cantidad de la muestra e incluyen mediciones de la masa y del volumen.





**Paso 3.** Reemplazar los datos y resolver.

$$n = \frac{950 \text{ g}}{342,3 \text{ g/mol}} = 2,8 \text{ moles}$$

Factor de conversión, para la combustión de 1 mol de  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  que tiene asociado un calor de  $-5588 \text{ kJ}$ .

$$2,8 \text{ mol } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \frac{-5588 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = -15\,646,4 \text{ kJ}$$

**Paso 4.** Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él?, ¿puedes explicar que indica el signo negativo del resultado? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante.

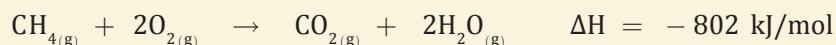
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Aplicar
- Asociar
- Calcular
- Elaborar
- Inferir

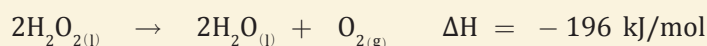
- 1** Cuando un mol de metano ( $\text{CH}_4$ ) gaseoso se quema a presión constante en presencia de 2 mol de oxígeno ( $\text{O}_2$ ), produce 1 mol de dióxido de carbono gaseoso ( $\text{CO}_2$ ) y 2 moles de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), y libera  $802 \text{ kJ}$ . El metano forma parte del gas licuado y natural que se usa normalmente en nuestros hogares.

Ecuación termoquímica:



- a. ¿Cuánto calor se liberará cuando  $4,5 \text{ g}$  de metano gaseoso se queman en un sistema a presión constante?
- b. Elabora el diagrama de entalpía que explica el proceso.

- 2** El peróxido de hidrógeno, conocido comúnmente como agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), puede descomponerse en agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ) según la ecuación termoquímica:



- a. Calcula el valor de la entalpía cuando  $5 \text{ g}$  de peróxido se descomponen a presión constante.
  - b. Elabora el diagrama de entalpía que explica el proceso.
- 3** La formación del cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), empleado como sal de mesa, a partir de sodio ( $\text{Na}$ ) sólido y cloro ( $\text{Cl}_2$ ) gaseoso, se observa en la siguiente ecuación termoquímica:

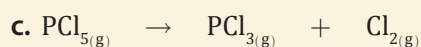
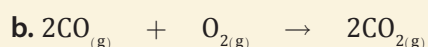


- a. Calcula el valor de la entalpía cuando se forman 2 moles de sodio sólido ( $\text{Na}$ ) a partir de la descomposición del  $\text{NaCl}$ .
- b. Elabora el diagrama de entalpía que explica el proceso.
- c. ¿Qué te indican los valores obtenidos?



4. Calcula la entalpía de reacción para las siguientes reacciones, en condiciones estándar. Indica si corresponden a reacciones exotérmicas o endotérmicas.

Obtén los valores de la entalpía de formación de la tabla 2.



### Evalúa:

Para finalizar te invitamos a que evalúes tu nivel de aprendizaje logrado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Puedo aplicar con facilidad los conceptos de entalpía?			
¿Reconozco procesos exotérmicos y endotérmicos a partir de los valores de entalpía?			
¿Puedo interpretar un diagrama de entalpía, de una ecuación termodinámica?			
A través de los ejercicios propuestos, ¿puedo relacionar las reacciones químicas con los intercambios de energía?			

## b. Ley de Hess

¿Te imaginas hacer mediciones calorimétricas para cada una de las miles de millones de reacciones químicas? Eso es prácticamente imposible; por eso Germain Henri Hess estableció un método que permite conocer la variación de entalpía de algunas reacciones (cuya entalpía no es conocida) a partir de los datos de entalpía de otras ya tabuladas, principio conocido como **Ley de Hess**.

Sabemos que la entalpía es una función de estado, que el cambio de entalpía ( $\Delta H$ ) asociado a cualquier proceso químico depende solo de la cantidad de materia que sufre el cambio, de la naturaleza del estado inicial de los reactantes y del estado final de los productos. Es decir, la entalpía de una reacción será la misma, si esta se produce en un solo paso o en una secuencia de ellos.

Lee atentamente los siguientes ejemplos, correspondientes a aplicaciones de la Ley de Hess.



## MÁS QUE QUÍMICA



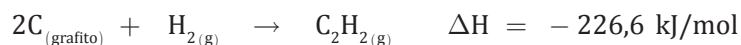
**Germain Henri Hess**  
(1802-1850)

Médico y químico suizo, pionero de la termoquímica.

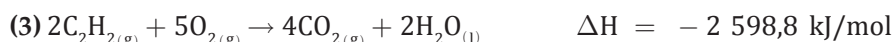
Obtuvo su título de medicina en 1825, en Tartu, Rusia. Posteriormente se trasladó a Estocolmo para trabajar con Berzelius, hecho que cambiaría su vida, pues a partir de su breve trabajo con el entonces famoso químico sueco, reorientó su labor a la investigación científica. Desde el año 1830 se dedicó a estudiar el calor generado en el curso de las reacciones químicas, lo que finalmente le permitió en 1840, formular la Ley de Hess o ley de la sumación constante del calor.

## EJERCICIO RESUELTO

La reacción de síntesis del etino o acetileno ( $C_2H_2$ ) es:



Calcula su variación de entalpía a partir de las siguientes ecuaciones:



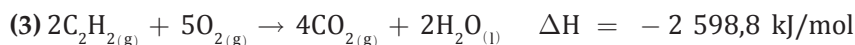
**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto es necesario extraer los datos relevantes así como la incógnita. En este caso:

Datos: La reacción de síntesis del acetileno es:



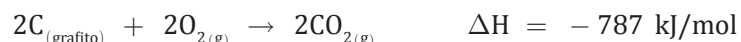
Incógnita: ¿Cuál es su  $\Delta H$ ?

Sabemos que:

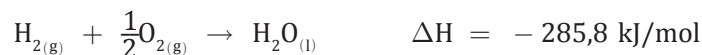


**Paso 2.** Las ecuaciones (1), (2) y (3) serán empleadas de manera tal que permitan obtener los reactivos y productos informados en la reacción principal a la que denominaremos (4). En la ecuación principal se observa que 2 moles de carbono (C) y 1 mol hidrógeno ( $H_2$ ) son reactivos, mientras que 1 mol de acetileno ( $C_2H_2$ ) es un producto.

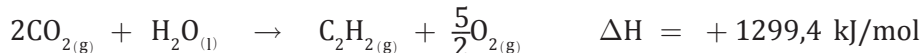
Solo en la ecuación (1) se observa el carbono sólido como reactivo, pero con solo 1 mol. Por eso la ecuación se mantiene igual pero debe amplificarse por 2. Por lo tanto, la ecuación (1) queda:



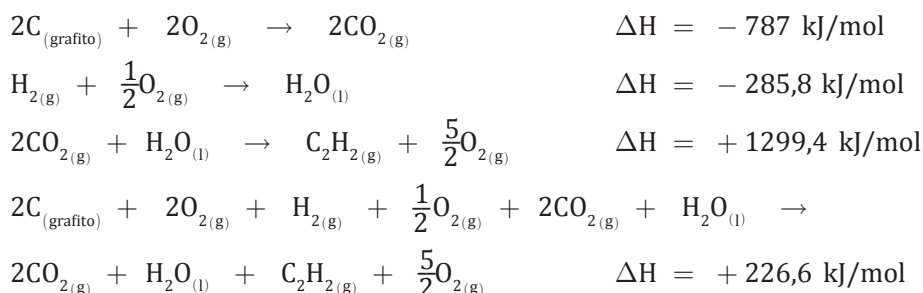
En la ecuación (2) se observa el hidrógeno como reactivo, al igual que en la ecuación principal (4) y en la misma cantidad. Por tal razón la ecuación se mantiene igual.



En la ecuación (3) encontramos el acetileno necesario, pero hay dos aspectos que cambiar. Primero, en la ecuación (3) aparece como reactivo y en la ecuación (4) como producto, por ello deberemos invertir la ecuación (al ser reacción inversa, cambia el signo para  $\Delta H$ ). Segundo, en la ecuación (4) se observa 1 mol y en la ecuación (3) 2 moles de eteno, por ello, se dividirán todos los coeficientes estequiométricos y la  $\Delta H$  por dos, quedando finalmente:



**Paso 3.** Sumaremos los procesos intermedios para obtener la ecuación principal y su respectiva variación de entalpía. Para ello, se realiza la suma de todos los reactivos y productos existentes.



**Paso 4.** Obtención de la ecuación neta.

En la nueva ecuación obtenida es posible observar que:

a. En los reactivos existen:



b. En los productos  $2\text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{C}_2\text{H}_{2(\text{g})} + \frac{5}{2}\text{O}_{2(\text{g})}$

c. El oxígeno presente en los reactivos se iguala en cantidad al de los productos; es posible eliminarlos.

d. En los reactivos y productos existen 2 moles de  $\text{CO}_{2(\text{g})}$ ; se eliminan.

e. En los reactivos y productos existe 1 mol de  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ; se eliminan.

f. Se obtiene entonces



**Paso 5.** Interpretar para dar una respuesta.

Piensa un momento y luego comenta junto a otros estudiantes: ¿Qué señala la variación de entalpía? Si su valor es negativo, ¿qué significa? Finalmente, ¿qué te dice el valor obtenido respecto a la reacción química?

La formación del acetileno por hidrogenación de carbono grafito, es un proceso endotérmico que debe absorber desde el entorno 226,6 kJ/mol.

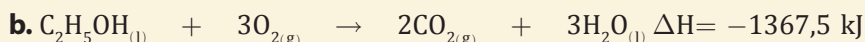
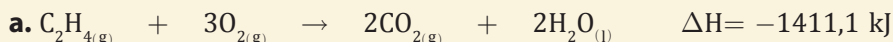
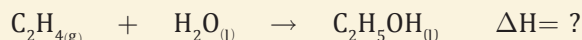


## DESAFÍO

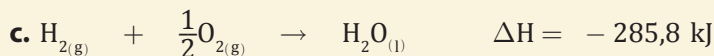
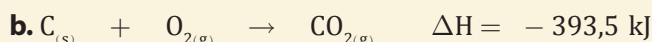
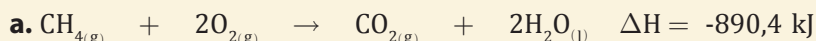
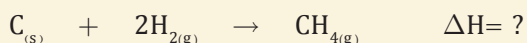
## Habilidades a desarrollar:

- Calcular
- Aplicar

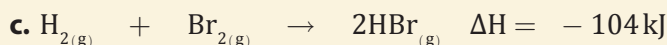
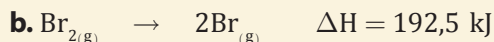
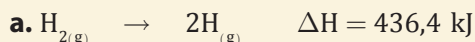
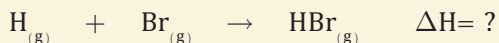
1 Determina el valor de la entalpía de reacción del  $C_2H_5OH_{(l)}$  a partir de las siguientes ecuaciones:



2 Calcula la entalpía de reacción del  $CH_{4(g)}$  a partir de las siguientes ecuaciones:



3 Determina la entalpía de reacción del  $HBr_{(g)}$  a partir de las siguientes ecuaciones:



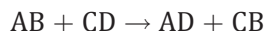
## MÁS QUE QUÍMICA

Mientras más alta es la energía de enlace, costará más romper dicho enlace, ya que es más estable y más fuerte.

## c. Energía de enlace

Hemos dicho que las energías de las uniones químicas representan una contribución muy importante a la energía interna de un sistema. Por ello, si las sustancias que componen el sistema rompen las uniones, habrá un  $\Delta U$  significativo y por ende un  $\Delta H$  también significativo.

Una reacción química consiste, en esencia, en la ruptura y formación de nuevos enlaces. Observemos y analicemos un esquema sencillo de reacción química:



¿Qué sucede durante el proceso?

1. Observarás que:
  - Los reactivos son AB y CD.
  - Los productos son AD y CB.
2. Para que se produzca la reacción es necesario que:
  - Se rompan las uniones entre AB y CD en los reactivos.
  - Se formen nuevas uniones entre AD y CB en los productos.
3. La energía que mantiene unidos a los reactivos AB; CD y los productos AD; CB se denomina **Energía de enlace** ( $E_E$ ). Por lo tanto, la energía de enlace es la energía necesaria para romper un mol de un enlace, en sustancias que se encuentran en estado gaseoso y en condiciones estándar.





En las reacciones químicas, se reagrupan los átomos de los reactivos, para formar los productos. Al ocurrir esto, se rompen ciertos enlaces y se forman otros nuevos. Si se conocen las energías necesarias para romper dichos enlaces, se podría calcular la entalpía de reacción.

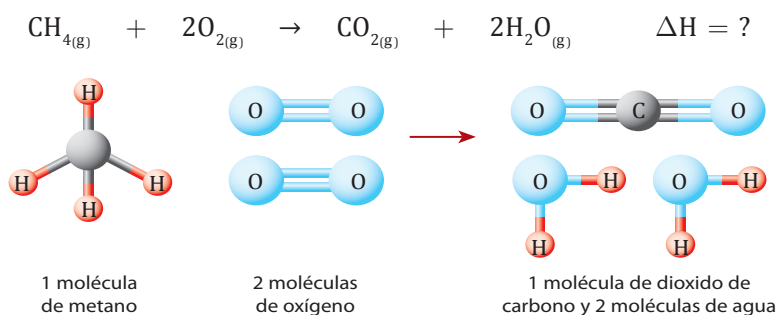
**Tabla 3**  
**Energías de enlace**

Enlace	$E_E$ (kJ/mol)	Enlace	$E_E$ (kJ/mol)	Enlace	$E_E$ (kJ/mol)
H - Cl	432	C - N	305	Cl - Cl	242
H - O	463	C - C	346	O = O en $O_2$	498
H - N	391	N - O	201	C = O en $CO_2$	803
H - C	413	O - Cl	218	$C \equiv O$	1046
H - H	436	O - O	138	C = C	610
C - Cl	339	F - Cl	253	$N \equiv N$	945
C - O	358	F - F	155	C = N	615
				$C \equiv N$	887

En ocasiones se desea obtener una estimación de la entalpía para una reacción en la que el valor de  $\Delta H_f^0$  para un reactivo o producto no se conoce ni puede hallarse. Si no es posible aplicar la Ley de Hess, ¿cómo se soluciona el problema? Se acude a las energías de enlace.

## EJERCICIO RESUELTO

Analicemos el siguiente ejemplo, sobre la combustión del metano, cuya ecuación termoquímica del metano es:



**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto, es necesario extraer los datos. En esta reacción, hay enlaces que se forman y otros que se rompen.

Desde estos puntos de vista se tiene que:

En los reactivos, enlaces rotos	En los productos, enlaces formados
4 enlaces C - H ( $4 \cdot 413$ kJ/mol)	2 enlaces C = O ( $2 \cdot 803$ kJ/mol)
2 enlaces O = O ( $2 \cdot 498$ kJ/mol)	4 enlaces O - H ( $4 \cdot 463$ kJ/mol)

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas que relacionan los datos conocidos con la incógnita. En este caso:

El cambio de entalpía total será (Reactivos – Productos):

$$\Delta H = \sum E_E (\text{enlaces que se rompen}) - \sum E_E (\text{enlaces que se forman})$$

Donde:

$\sum$  corresponde al símbolo de adición

$E_E$  corresponde a la energía de enlace (puedes obtener esos valores de la tabla 3)

### RECUERDA QUE

Los enlaces triples, son más fuertes que los enlaces dobles, y los últimos, más fuertes que los enlaces simples.

**Paso 3.** Remplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$\begin{aligned} \Delta H &= [413 \cdot 4 \text{ enlaces (C-H)} + 498 \cdot 2 \text{ enlaces (O=O)}] - \\ & [803 \cdot 2 \text{ enlaces (C=O)} + 463 \cdot 4 \text{ enlaces (O-H)}] \\ \Delta H &= -810 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

**Paso 4.** Interpretar para dar una respuesta.

Comenta con otro estudiante. ¿Qué es la variación de entalpía?  
¿Qué significa que el valor de la variación de entalpía sea negativo?  
¿Qué puedes concluir?

¡Bien hecho! Durante la reacción de combustión del metano ( $\text{CH}_4$ ) se liberan  $-810 \text{ kJ/mol}$  de energía al entorno.

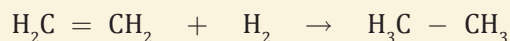
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Calcular
- Deducir

**1** ¿Por qué el valor de las energías de enlace, que se observan en la tabla 3, tienen valor positivo? Por otra parte, ¿por qué las energías de formación de un enlace, son las mismas pero con signo contrario?

**2** La reacción de hidrogenación del eteno, para formar etano es:



a. Indica cuales son los enlaces que se rompen

b. Calcula la entalpía de reacción (utiliza los valores de la tabla 3)

**3** A partir de los datos de energías de enlace, deduce qué combustible es más eficaz.

a. Gas natural.      b. Butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ).

#### Notas:

- Se considera más eficaz el combustible que para una misma masa, desprenda más calor.
- El gas natural está formado fundamentalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ).
- Las reacciones de combustión de hidrocarburos (compuestos de C y H) producen dióxido de carbono gaseoso y agua en forma de vapor.

**4** A partir de las entalpías estándar de enlace, determina la entalpía para la reacción de hidrogenación del 1,3- butadieno a butano.



# El calor de combustión y el ahorro de energía

Los fenómenos térmicos, como hemos visto a lo largo del tema, son aquéllos que están relacionados con la emisión y la absorción del calor. Estos fenómenos pueden ser encontrados en cada actividad que el hombre realiza diariamente: el calentamiento de la atmósfera por la radiación solar, la climatización gracias al aire acondicionado, la cocción de los alimentos y su refrigeración, la calefacción del hogar, entre muchos otros.

Una característica general de los fenómenos térmicos es que existen cuerpos que ceden energía en forma de calor y otros cuerpos que son capaces de absorber dicha energía; absorción o emisión denominada **cantidad de calor**.

Como hemos estudiado, la cantidad de calor ( $q$ ) se define como la energía cedida o absorbida por un cuerpo de masa ( $m$ ), cuando su temperatura varía en un número determinado de grados. Sabemos, además, que la dependencia de la cantidad de calor con la naturaleza de la sustancia, se caracteriza por una magnitud denominada **calor específico de la sustancia**.

$$s = \frac{q}{m \cdot \Delta T}$$

Gracias a esta fórmula es posible apreciar que la cantidad de calor es directamente proporcional a la masa del cuerpo, a su calor específico y a la variación de la temperatura.

Considerando además, lo propuesto por la ley de conservación de la energía, sabemos que la energía absorbida (o cedida) por un cuerpo debe ser emitida (o absorbida) por otro

cuerpo. Así, por ejemplo, durante el **proceso de combustión** muchas sustancias desprenden energía hacia el entorno.

Durante la combustión de los cuerpos, el desprendimiento de calor se realiza de forma diferente de acuerdo con las características físicas y químicas del cuerpo en cuestión. Una magnitud que permite caracterizar cuantitativamente el desprendimiento de calor de los cuerpos durante la combustión, es el denominado **calor específico de combustión**, definido como la cantidad de calor ( $q$ ) que cede la unidad de masa del cuerpo al quemarse totalmente. Algunos de ellos se presentan en la tabla, valores de los cuales se puede concluir que "iguales masas de combustibles diferentes, desprenden diferentes cantidades de calor al quemarse totalmente". "Asimismo, masas diferentes del mismo combustible desprenden, también, diferentes cantidades de calor".

Material combustible	Calor específico de combustión (MJ/Kg)
Gas metano	55
Petróleo crudo	47
Carbón vegetal	30
Madera de pino	21
Leña seca	18
Leña verde	9

Al observar atentamente los datos de la tabla, podrás apreciar que el calor de combustión de la leña seca es el doble del correspondiente a la leña verde. Este hecho nos permite concluir que si cierta masa de leña húmeda desprende una cantidad de calor al quemarse totalmente,



obtendremos exactamente la misma cantidad de calor si solo se usa la mitad de la masa de leña seca. Así, al utilizar la leña seca, se ahorra la mitad de la madera que se quema; por ende, siempre será más conveniente emplear la leña seca en consideración a su calor de combustión.

Ahora bien, si comparamos los valores del calor de combustión del carbón vegetal y de la leña seca, se puede concluir que el valor del primero es aproximadamente 1,7 veces mayor. De aquí se puede sugerir que la opción de utilizar el carbón vegetal en sustitución de la leña no es despreciable en términos de eficiencia. Por otra parte, la combustión del carbón vegetal resulta mucho menos contaminante que la combustión de la leña seca. Estos datos nos indican que en lugar de continuar el empleo sistemático de la leña, sería recomendable incrementar la fabricación del carbón, que es más eficiente por su potencia calorífica y más ecológico como combustible.

Asimismo, el metano, que puede ser obtenido fácilmente a partir de la fermentación de la biomasa en los digestores y con un bajo costo de producción, tiene una amplia utilización práctica como combustible, tanto doméstico como en la industria. Su alto poder de combustión indica que el incremento en su producción debe ser objetivo, para garantizar una fuente de energía a partir de los residuales de la biomasa.

Fuente: (adaptación): Pérez Ruiz, O. A., Villegas Sáez, A. (S. F.). *El calor de combustión y el ahorro de energía*. Isla de la Juventud, Cuba: Instituto Superior Pedagógico Carlos Manuel de Céspedes. Recuperado [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

## Preguntas para la reflexión

- 1 En bibliografía anexa, investiga: ¿Cuál de los materiales combustibles listados en la tabla son los más contaminantes?
- 2 Considerando lo investigado anteriormente, ¿cuál de ellos propondrías como una forma amigable con el medio ambiente?

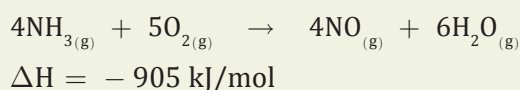
## Habilidades que se desarrollarán:

- Aplicar
- Investigar
- Analizar

## Revisemos lo aprendido: Tema 1

### I. Aplicaciones. Reflexiona los siguientes cuestionamientos y responde.

- 1 ¿Qué es la entalpía?
- 2 ¿Cómo se diferencia de la entalpía de formación estándar?
- 3 ¿A qué se refiere la entalpía de reacción?
- 4 ¿Qué es la entalpía de combustión?
- 5 ¿Cómo se diferencia de la entalpía de formación estándar?
- 6 ¿En qué condiciones el calor de reacción será igual al cambio o variación de entalpía en la misma reacción?
- 7 ¿Qué información puedes obtener de la siguiente ecuación termoquímica?



- 8 ¿Qué es la capacidad calorífica?
- 9 De acuerdo a la definición anterior, ¿qué aplicaciones cotidianas tiene? Menciona un ejemplo.
- 10 El etanol es comúnmente conocido como "alcohol desnaturalizado". Se emplea para limpiar heridas, aun cuando arde mucho. Seguramente has escuchado que debes mantenerlo cerrado para que no se "desvanezca", como normalmente se señala en el envase.

En el año 2009, la gripe humana  $\text{AH}_1\text{N}_1$  hizo que todos usaran alcohol gel para limpiar las manos. Una de las características especiales de dicha sustancia es su rápida capacidad de secado. El etanol es uno de los componentes principales de esos alcoholes gel.

Considerando la ecuación termoquímica que se presenta a continuación, explica por qué se produce una sensación de enfriamiento cuando el etanol toma contacto con la piel.

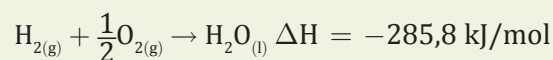


- 11 ¿Cuál es la importancia de la primera ley de la termodinámica?

### II. Desarrollo. Resuelve los siguientes ejercicios.

- 1 ¿Qué cantidad de calor se debe proporcionar a 1 litro de agua (equivalente a 1 000 g) para que su temperatura se eleve desde los 25 °C a los 100 °C? Recuerda que el calor específico del agua es 4,18 J/g °C.

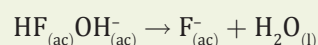
- 2 Considera la ecuación termodinámica:



Determina los valores de  $\Delta H$  en las siguientes condiciones:

- a. Se necesitan 2 moles de agua.
  - b. Se produce la electrólisis del agua (agua forma hidrógeno y oxígeno).
- 3 Se calienta una muestra de agua de 500 g desde los 50 °C a los 99,5 °C. ¿Cuál es la cantidad de calor que deberá absorber el agua?

- 4 Calcula la entalpía estándar de neutralización del ácido fluorhídrico que se describe en la ecuación química:



Considerando los siguientes datos de entalpía estándar de formación:

$$\text{HF}_{(ac)} = -320,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{OH}_{(ac)}^- = -229,6 \text{ kJ/mol}$$

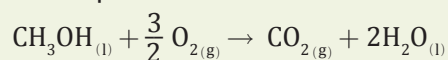
$$\text{F}_{(ac)}^- = -329,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

- 5 Calcula los calores de combustión de las siguientes sustancias, a partir de las entalpías de formación estándar.
  - a.  $2\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
  - b.  $2\text{H}_2\text{S}_{(g)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{SO}_{2(g)}$



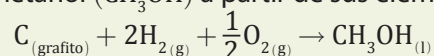
- 6 Considerando las siguientes ecuaciones termoquímicas:



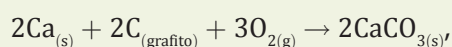
$$\Delta H = -726,4 \text{ kJ/mol}$$



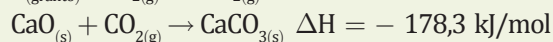
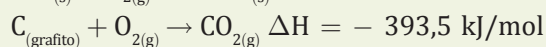
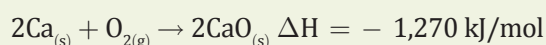
¿Cuál es la entalpía de formación del metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) a partir de sus elementos?



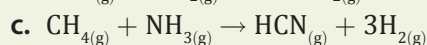
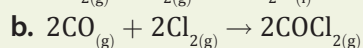
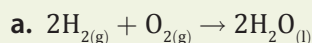
- 7 Calcula el  $\Delta H$  para la reacción:



sabiendo que:



- 8 Considerando las energías de enlaces, determina la  $\Delta H$  para las siguientes reacciones:



- 9 El peróxido de hidrógeno, conocido comúnmente como agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), puede descomponerse en agua y oxígeno según la ecuación termoquímica:



$$\Delta H = -196 \text{ kJ/mol}$$

¿Cuál es el valor de la entalpía cuando 5 g de peróxido se descomponen a presión constante? Las masas molares del H y O son 1 y 16 g/mol respectivamente.

- a. 980 kJ/mol  
b. 34 kJ/mol  
c. 6664 kJ/mol  
d. 14,7 kJ/mol  
e. 28,8 kJ/mol

## Autoevaluación

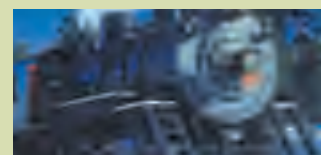
Revisa el nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Las actividades propuestas me permiten relacionar las reacciones químicas con los intercambios de energía.			
Soy honesto(a) en mi trabajo, con mis compañeros y compañeras y profesor o profesora.			
Identifico reacciones y procesos exotérmicos y endotérmicos y puedo asociarlos con procesos que ocurren en la vida cotidiana.			
Cuando trabajo en equipo, reconozco mis errores y trato de enmendarlos.			
Entiendo que los cambios energéticos en una reacción se asocian a la ruptura y formación de enlaces.			
Actúo responsablemente en el trabajo de equipo.			
Conozco el significado de entalpía y puedo aplicarlo a casos sencillos.			
Demuestro interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L**. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.





# TEMA 2

## Entropía y Energía Libre de Gibbs

### En este tema estudiarás:

- Entropía
- Energía libre de Gibbs

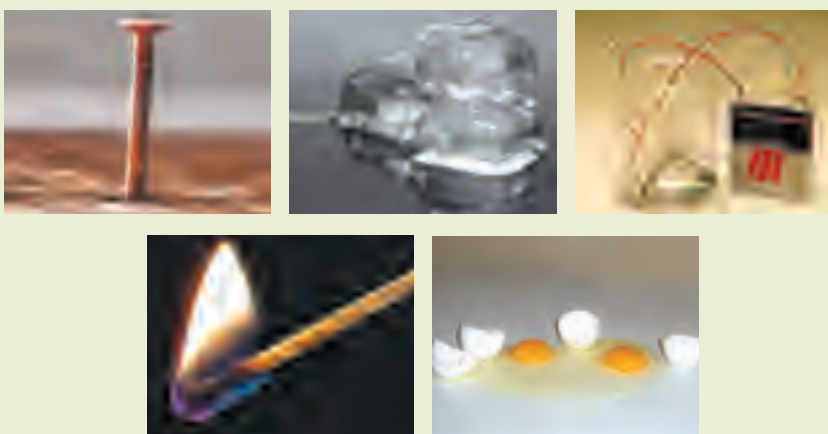
### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Concepto de espontáneo – no espontáneo.
- Concepto de irreversible – reversible.

### Y para comenzar...

Las reacciones químicas implican cambios de energía, pero ¿cómo y cuándo se producen estos? Sabemos, por nuestra experiencia cotidiana, que un hielo se puede poner al interior de un recipiente que contiene un líquido y que el primero se fundirá, produciendo que el líquido disminuya su temperatura. ¡Es algo “espontáneo”!

Observa y responde:



1. ¿Qué imágenes representan procesos que ocurren en forma espontánea? ¿Cuáles no ocurren espontáneamente?
2. Observa la imagen de fusión del hielo. Es sabido que la fusión ocurre cuando  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la solidificación cuando  $T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué sucedería si la temperatura se mantuviera constante en los  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
3. De los procesos que han sido clasificados como “espontáneos”, ¿podría alguno de ellos ser reversible, es decir, invertirse?
4. De los procesos que han sido clasificados como “no espontáneos”, ¿en qué condiciones serían espontáneos?

Considerando los casos que acabas de analizar, podrías señalar que:

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
Reconozco con facilidad procesos espontáneos y no espontáneos.			
Identifico procesos directos espontáneos y otros no espontáneos, pero que al invertirlos podrían ser espontáneos.			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador “Poco”, te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## Procesos espontáneos y no espontáneos

### Estudiaremos

Espontaneidad y reversibilidad en procesos químicos.

### Introducción

Muchos procesos químicos suceden de manera espontánea; otros, en cambio, deben ser manipulados o ayudados para que ocurran. Por ejemplo, si piensas en la masa para preparar pan, una vez mezclada será imposible que evites que la levadura comience a “inflar” la masa; no obstante, la única forma de que el pan se cocine es introduciéndolo al horno. He aquí una pregunta desafiante: ¿es posible que a partir de un pan ya horneado obtengas los ingredientes por separado? Si fuera posible, ¿sería un proceso espontáneo o no?

Desarrollarás, junto con un grupo de compañeros y compañeras, actividades experimentales que te permitirán reconocer procesos que ocurren en forma espontánea, y no espontánea y la dirección que acompaña a los mismos.

### Paso 1: La exploración

Observen atentamente las imágenes del clavo oxidado y los cubos de hielo propuestos en la actividad *Y para comenzar...*



### Paso 2: Preguntas de exploración

Observando las imágenes mencionadas, ¿qué preguntas de investigación surgen entre ustedes? Aquí, a modo de guía, les proponemos las siguientes:

- ¿Qué es la oxidación y qué factores influyen en la oxidación del clavo?
- ¿Qué hace que el hielo vuelva a ser líquido?
- ¿Es posible revertir el proceso de oxidación del clavo?
- ¿Son ambos procesos espontáneos o no espontáneos?
- Si ambos procesos ocurren directamente, ¿existe alguna forma de invertirlos?

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Se indicó con anterioridad que cada una de las preguntas de exploración puede ser respondida acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes.

Usando distintas fuentes, den respuesta a las preguntas de exploración y planteen las hipótesis experimentales junto con su equipo de trabajo.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Comparar
- Formular hipótesis
- Registrar
- Analizar
- Interpretar
- Comunicar

### Materiales

- Cinco clavos
- Plástico para envolver (Alusa)
- Aluminio para envolver
- Termómetro
- Vasos de precipitado de 100 y 500 mL
- Lupa

### Reactivos

- Vinagre
- Cubos de hielo común
- Cubos de hielo seco



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajarás con hielo seco durante la actividad, con el cual debes tener mucha precaución. No lo toques con las manos, emplea una pinza para depositarlos dentro del vaso. No lo ingieras, es altamente tóxico.



**Paso 4: Diseño experimental**

**Experiencia 1: Oxidación de un metal.**

- 1 Dispongan de 5 clavos sobre el mesón de trabajo, y procedan a realizar lo siguiente:
  - a. Clavo limpio y seco, envuelto en aluminio en un lugar soleado.
  - b. Clavo limpio y húmedo guardado en una caja cerrada.
  - c. Clavo limpio y húmedo expuesto a condiciones ambientales normales, (mejor aún si es a la sombra).
  - d. Clavo limpio y humedecido con vinagre expuesto a condiciones ambientales normales, (mejor aún si es a la sombra).
  - e. El quinto clavo se deja como control.
- 2 Observen atentamente el estado inicial de los clavos con la ayuda de una lupa, y luego de unas horas, observen los cambios que han experimentado los clavos.

**Experiencia 2: Fusión y solidificación del agua.**

- 1 Con la ayuda del termómetro, registren la temperatura ambiental a la que realizarán el experimento.
- 2 En el vaso de precipitado de 100 mL dispongan los dos cubos de hielo común.
- 3 En un vaso de precipitado de 500 mL dispongan los cubos de hielo seco y, dentro de éste, coloquen el vaso que contiene los dos cubos de hielo común. Registren la temperatura de los hielos del vaso de 500 mL, el que desde ahora denominaremos **entorno**.
- 4 Registren la temperatura del entorno cada 10 minutos y observen qué ocurre en el sistema.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren las observaciones del trabajo experimental en su cuaderno.

Para la Experiencia 1, si es posible, realicen un registro fotográfico de lo ocurrido o dibujen lo que observan en los clavos. Para la Experiencia 2, registren observaciones y las temperaturas medidas.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Para la Experiencia 1, les proponemos utilizar la siguiente bitácora de registro, solo a fin de ordenar los datos para su interpretación y análisis.

Clavo	Condiciones	Estado inicial	Estado final
1			
2			
3			
4			
5			

Escojan un sistema que les permita ordenar los datos recopilados en la Experiencia 2.

**Paso 7: Análisis de datos**

Una vez recopilados y ordenados los datos, analícenlos y verifiquen las inferencias propuestas. Respondan las preguntas de exploración propuestas,



usando, además de sus conocimientos previos y fuentes bibliográficas, los nuevos aprendizajes que han adquirido gracias a la actividad experimental.

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Considerando lo expuesto en relación con la importancia de las conclusiones:

- Según lo observado y registrado ¿qué pueden señalar respecto a los procesos espontáneos y no espontáneos?
- ¿Qué es un proceso directo, uno inverso y uno reversible? Mencionen ejemplos (pueden considerar algunos ejemplos de publicaciones científicas).
- ¿Qué variables gobiernan la espontaneidad de un proceso?

Elijan, diseñen y elaboren un sistema de información que se caracterice por ser:

- didáctico y atractivo para sus lectores;
- comprendido por cualquier estudiante de educación media.

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

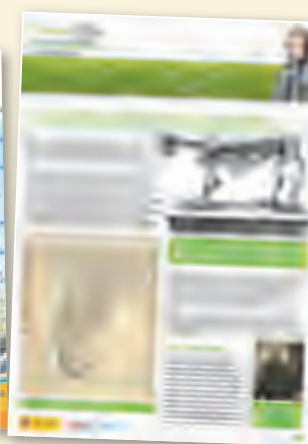
Una vez terminada la actividad, ordenen todos los materiales que han empleado. Depositen el agua en los desagües y el resto de materiales en los basureros dispuestos en la sala.



Díptico



Tríptico



Panel

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Finalizaremos evaluando en equipo el trabajo realizado y el nivel de aprendizaje alcanzado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo efectuado.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Distingo procesos espontáneos y no espontáneos.			
Coperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Comprendo que existen procesos que se producen directamente, otros ocurren de manera inversa y algunos, incluso, son reversibles.			





# 1. Entropía

Observa atentamente las siguientes imágenes:

## MÁS QUE QUÍMICA



**Marcelin Pierre  
Eugène Berthelot**  
(1827 – 1907)

Químico francés, nacido en París. Es considerado como uno de los fundadores de la Termoquímica. Estableció la diferencia entre reacciones exotérmicas y endotérmicas e inició estudios y medidas de los calores de reacción, entre otros estudios.



**Julius Thomsen**  
(1826 – 1909)

Químico danés, nacido en Dinamarca. Realizó mediciones calorimétricas y diversos trabajos de termoquímica y enunció el principio de conservación de la energía en las reacciones químicas.

Set 1



Imagen 1



Imagen 2

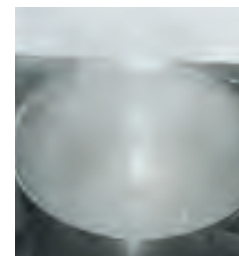


Imagen 3

Set 2

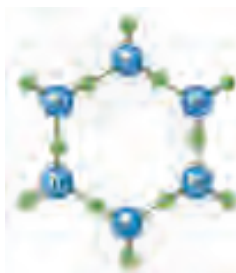


Imagen A



Imagen B



Imagen C

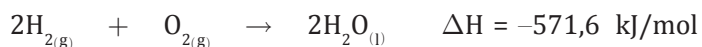
- ¿Qué representa el set 1? Considerando el set 1, ¿a qué temperaturas ocurren estos cambios?, ¿qué sucede si la temperatura permanece a 100°C?
- ¿Qué representa el set 2? Ordena las imágenes del set 2 considerando el aumento del “desorden” que presentan las moléculas en cada imagen.
- Considerando que las imágenes del set 1 están en orden, ¿cuál es la correlación correcta con cada imagen del set 2?
- ¿En qué dirección se producen los cambios (gas → líquido, líquido → gas)? y ¿en qué condiciones?
- Considerando las condiciones descritas para cada cambio de estado, clasifícalos como: “espontáneo o no espontáneo” y “endotérmico o exotérmico” (Investiga que significa espontáneo y no espontáneo)
- A partir de la clasificación, ¿qué podrías concluir, respecto a la relación que existe entre los siguientes conceptos: exotérmico y espontáneo; desorden y endotérmico; no espontáneo y orden?

Extrapolando los ejemplos observados anteriormente, a las reacciones químicas, se puede suponer que un gran número de reacciones que son espontáneas (reacción que se produce “por si sola”, sin ayuda exterior) son exotérmicas ( $\Delta H < 0$ ), pero esto no ocurre siempre. Hay reacciones endotérmicas que son espontáneas y reacciones exotérmicas que no lo son.

En el siglo XIX, **P. M. Berthelot** en París y **Julius Thomsen** en Copenhague propusieron esto como principio general, aplicable a todas las reacciones.

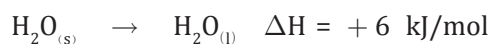


Resulta que casi todas las reacciones químicas exotérmicas son espontáneas en condiciones estándar (25 °C y 1 atm). Consideraremos como ejemplo la formación del agua a partir de sus elementos de reacción, en la que  $\Delta H$  es una cantidad negativa



Sin embargo, las reacciones endotérmicas que no son espontáneas a temperatura ambiente, con frecuencia se vuelven espontáneas cuando se aumenta la temperatura; por ende, emplear solo el signo de  $\Delta H$  como un criterio general de la espontaneidad resulta ser un criterio que no explica la complejidad del sistema en estudio.

Para muchos cambios de fase conocidos, como la fusión del hielo que tiene lugar espontáneamente a 1 atm, alrededor de 0 °C, el proceso es endotérmico.



Evidentemente, el sentido de un cambio espontáneo no siempre está determinado por la tendencia de un sistema a dirigirse hacia un estado de menor energía. Hay otra tendencia natural que debe tomarse en consideración para predecir el sentido de la espontaneidad.

La naturaleza tiende a desplazarse espontáneamente desde un estado de probabilidad más baja a uno de probabilidad más alta. Como lo expresó **Gilbert Newton Lewis**: “Cada sistema que se abandona a sí mismo, con el tiempo, cambia hacia una situación de máxima probabilidad”.

Para comprender mejor esta afirmación, consideremos la siguiente situación:

Tenemos dos dados y los lanzaremos sobre una superficie. ¿Qué número crees que es más probable obtener, el 12 o el 7?, ¡te invitamos a probar!

¡Muy bien!, observando las caras de cada dado, podrás determinar que es más probable obtener un 7 que un 12. Sí, para obtener un 7 son posibles un mayor número de combinaciones, mientras que para obtener el número 12 solo es posible que ambos dados den el número 6.

Considerando lo expuesto anteriormente, ¿qué relación puedes establecer con el “azar” o el “orden y el desorden”?, ¿qué otro ejemplo puedes proponer?

### a. Espontaneidad y reversibilidad

Volvamos a revisar los cambios que experimenta el agua. Lee atentamente la siguiente información:

*“La congelación del agua es espontánea a temperaturas inferiores a 0°C y no espontánea a una temperatura mayor que 0°C, mientras que la fusión del hielo es espontánea a una temperatura mayor que 0°C, y no espontánea a una temperatura bajo 0°C”*

Comenta junto a otro estudiante, ¿Qué sucederá si la presión y la temperatura se mantienen constantes a 1 atmósfera y 0°C respectivamente?, ¿el agua se congelaría o se convertirá al estado líquido?

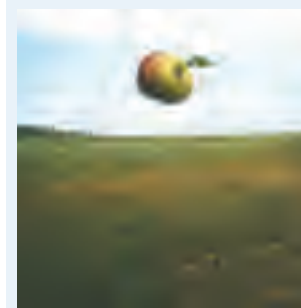
### RECUERDA QUE

Cuando el sistema absorbe calor,  $\Delta H > 0$  y el proceso es endotérmico.

Cuando el sistema libera calor,  $\Delta H < 0$  y el proceso es exotérmico.

### MÁS QUE QUÍMICA

Se puede considerar un ejemplo de proceso espontáneo, la caída de una manzana desde el árbol, debido a la fuerza de gravedad. Solo sería factible que la manzana subiera si existiera una fuerza mayor a la de la gravedad que la atrajera.



¡Muy bien!, en las condiciones descritas, las dos fases se inter convierten con la misma rapidez, razón por la cual se produce una situación de **equilibrio** y un **proceso reversible**.

Como verás, existen diversos procesos:


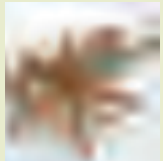
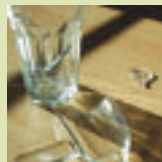





- **Espontáneos**, son aquellos que ocurren de manera natural en una determinada dirección.
- **No espontáneos**, aquellos que no ocurrirán de manera natural en una determinada dirección.
- **Reversibles**, los que pueden ir y regresar de un estado a otro, siguiendo el mismo camino, es decir, pueden ir en ambas direcciones.
- **Irreversibles**, son aquellos que ocurre en una dirección única. No pueden invertirse por si solo de modo espontáneo.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Deducir
- Justificar

1 Observa las siguientes secuencias de imágenes, indica cuales son procesos espontáneos y no espontáneos y justifica tu respuesta:

Imagen 1	Imagen 2	Espontáneo o no espontáneo	Justificación
			
			
			
			



Antes de continuar, reflexiona sobre tu proceso de aprendizaje, respondiendo las siguientes preguntas, ¿qué dificultades se te han presentado en tu proceso de aprendizaje?, de las procesos que ocurren en tu entorno ¿puedes identificar cuando son espontáneos o no espontáneos?

## Temperatura y entropía

## CIENCIA EN ACCIÓN

### Estudiaremos

Efecto de la temperatura en la entropía de un sistema.

### Introducción

Para predecir la espontaneidad de un proceso, es necesario conocer la variación de la entalpía y de la entropía del sistema. La entropía es una medida directa de la aleatoriedad o desorden del sistema en estudio y es directamente proporcional a la espontaneidad.

La entropía esta presente en principios básicos de nuestra vida cotidiana. De ella dependen y gracias a ella se explican disoluciones y reacciones químicas de diversa índole, como la disolución del azúcar en una taza de té, el encendido de un fósforo, entre otras. De allí la importancia de comprender qué es la entropía y cómo se ve afectada por variables como la temperatura y la presión.

Como en las actividades anteriores de indagación científica, te proponemos que constituyas un grupo de trabajo donde elaboren todos los pasos de la investigación ya estudiados y que les recordamos en el siguiente esquema virtuoso de la investigación científica, para responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la entropía de un sistema?



### Orientaciones generales

A continuación te presentamos algunas sugerencias para responder la pregunta de investigación.

- 1 Para resolver la pregunta de investigación debes acotarla y comprenderla a cabalidad. ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la entropía del agua líquida?
  - a. ¿Cuál es la finalidad de la pregunta?
  - b. ¿Entre qué variables estableces una relación?
  - c. ¿Cuál de ellas es la variable dependiente y cuál la independiente?
  - d. ¿Qué posible respuesta (hipótesis) formulas para la pregunta?



### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Formular
- Elaborar
- Desarrollar
- Comunicar
- Concluir
- Autoevaluar



- 2 Una vez que comprendes la pregunta de investigación a cabalidad, es necesario determinar si existe información disponible en textos u otros medios como revistas de investigación, publicaciones científicas, etc., que hagan referencia al fenómeno que estudias.  
Según la información recopilada, deberás determinar si:
  - a. Desarrollas una investigación documental, es decir, basándote en citas textuales y estudios ya realizados, estableces un proceso de investigación.
  - b. Ejecutas una investigación experimental, cuyo sustento también es teórico, pero además elaboras una secuencia de pasos o un mecanismo que te permita someter la hipótesis a comprobación.
- 3 Una vez concluido el proceso de investigación, NO OLVIDES la evaluación. En este caso, deberás elaborar un informe que entregarás a tu profesor o profesora.
- 4 Como una forma didáctica de guiar el desarrollo del tema a investigar, te proponemos algunas referencias bibliográficas que puedes consultar para guiar tu trabajo:
  - [http://www.job-stiftung.de/pdf/skripte/Quimica\\_Fisica/capitulo\\_3.pdf?hashID=8tefca6b6qvccpp2n69bnt4r3](http://www.job-stiftung.de/pdf/skripte/Quimica_Fisica/capitulo_3.pdf?hashID=8tefca6b6qvccpp2n69bnt4r3)
  - <http://www1.uprh.edu/inieves/macrotema/termodinamica.htm>

#### Evaluación del trabajo realizado

Como lo hemos hecho con anterioridad, evaluar los aprendizajes obtenidos, así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo, resulta fundamental para determinar aciertos que favorecieron el éxito del trabajo y posibles errores que pudieron ponerlos en riesgo.

Completa la siguiente tabla marcando con una **X** la opción que mejor te represente. Para ello, considera:

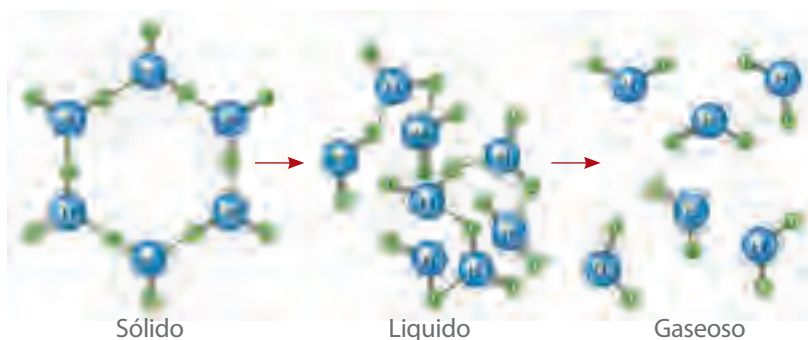
Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar y el procedimiento de trabajo.			
Me preocupé de conocer las acciones de cada uno de los integrantes del equipo.			
Me intereso por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Entiendo los pasos del procedimiento de investigación y puedo reproducirlos en otra oportunidad.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Pude practicar las habilidades propuestas para esta actividad.			
Coperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo y seguro.			



## b. Entropía y desorden

Volvamos a revisar las siguientes imágenes



- ¿Recuerdas que representaban las imágenes?
- ¿Qué asociación existe entre estas imágenes y los procesos espontáneos y no espontáneos?
- Considerando lo que te muestran las imágenes, la variación de entalpía ¿es suficiente para predecir la espontaneidad de un proceso? Explica

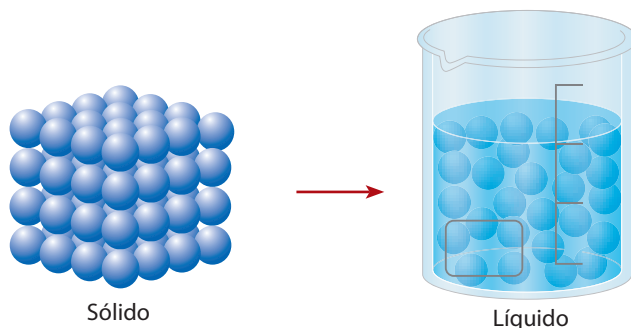
El “desorden u orden” de un sistema, puede ser tratado cuantitativamente en términos de una función denominada **Entropía (S)**. En 1850, el matemático y físico alemán **Rudolf Clausius** introdujo este concepto como medida de cuánta energía se dispersa en un proceso a temperatura dada, entendiendo que, en general, cuanto más probable es un estado o más al azar está la distribución de moléculas, mayor es la entropía.

La entropía, al igual que la entalpía, es una función de estado. Es decir, depende solamente del estado del sistema, no de su evolución. Por ende, el cambio o **variación de entropía** ( $\Delta S$ ) está determinado por:

$$\Delta S = S_{\text{final}} - S_{\text{inicial}}$$

Para un estado determinado, son varios los factores que influyen en la cantidad de entropía de un sistema. Lee atentamente:

1. **Un líquido tiene una entropía mayor que la del sólido del que procede.** En un sólido los átomos, moléculas o iones están fijos en una posición; en un líquido estas partículas son libres para moverse de un lado a otro.



Observa que la distancia entre las partículas aumenta en el estado líquido y disminuye en el sólido. Así, el líquido tiene una estructura más aleatoria y el sólido, más ordenada

### MÁS QUE QUÍMICA



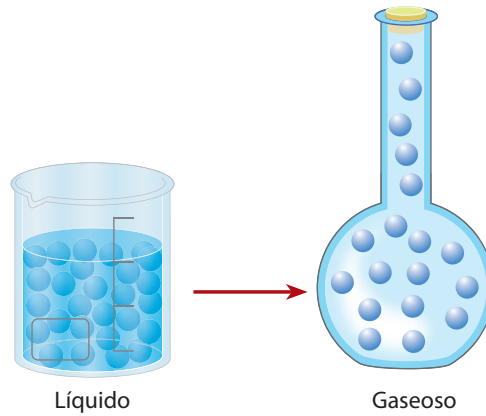
**Rudolf Emanuel Clausius**  
(1822-1888)

Físico alemán, nacido en Kozalin (actual Polonia). Es considerado uno de los fundadores de la termodinámica e introdujo el término de entropía. En 1850 enunció el segundo principio de la termodinámica, como la imposibilidad de flujo espontáneo de calor de un cuerpo frío a otro más caliente, sin la aplicación de un trabajo.



**2. Un gas tiene una entropía mayor que la del líquido del que proviene.**

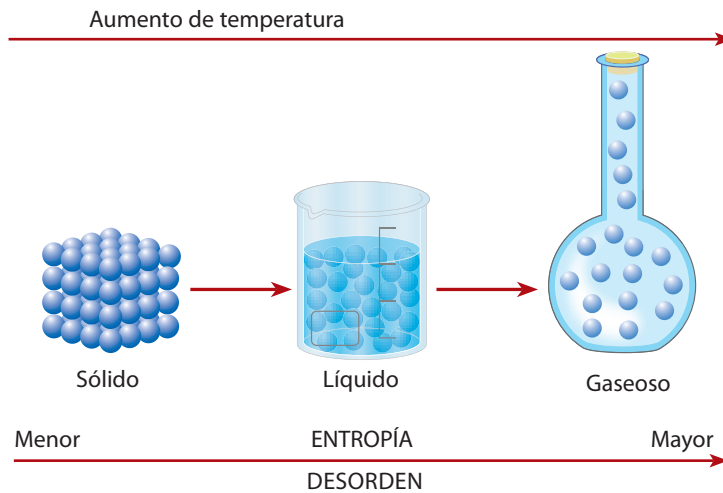
Cuando se produce la evaporación, las partículas adquieren una mayor libertad para desplazarse. Están distribuidas a través del recipiente completo en vez de permanecer restringidas en un pequeño volumen.



Líquido Gaseoso  
Observa que la distancia entre las partículas es más grande en el estado gaseoso que en el líquido

**3. El aumento de la temperatura de una sustancia aumenta su entropía.**

Al elevar la temperatura, aumenta la energía cinética de las moléculas, átomos o iones, y, por lo tanto, su libertad de movimiento. En síntesis:



Se puede apreciar que las variaciones de temperatura de un sistema, su absorción o liberación de calor influyen en la entropía de un sistema, razón por la cual, termodinámicamente, un cambio de entropía se define por:

$$\Delta S = \frac{q}{T}$$

Donde:

$q$  = corresponde al calor transferido en un sistema.

$T$  = la temperatura (K) del sistema.

Cuando la temperatura y la presión de un sistema son constantes, el calor transferido  $q$  corresponde a la variación de entalpía  $\Delta H$ . Así, la expresión  $\Delta S = \frac{q}{T}$  se podrá expresar como:

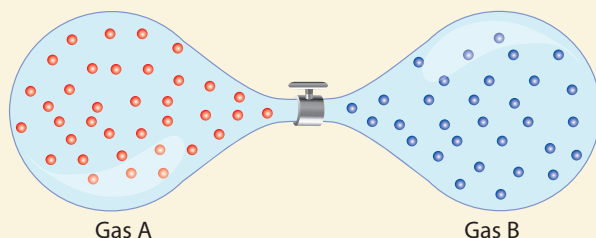
$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$$

La vaporización y la fusión de los líquidos ocurren a presión y temperatura constantes; así, el cambio de entropía para esos procesos será:

$$\Delta S_{\text{vap}} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{T} \quad \text{y} \quad \Delta S_{\text{fus}} = \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T}$$

Hemos observado como las sustancias pueden transitar de un estado más ordenado a uno de menos orden, es decir, a favor del aumento de la entropía.

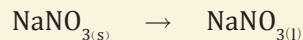
**1** En la siguiente imagen se observa que hay dos gases en un balón:



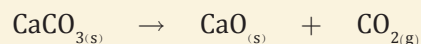
- ¿Qué sucederá con la entropía del sistema, si se abre la llave de paso que está en el centro del balón?
- ¿Qué sucedería si aumentamos la temperatura del gas? ¿Qué ocurre con la entropía?

**2** Junto a un compañero, observa atentamente las siguientes ecuaciones químicas, que representan respectivamente los siguientes procesos:

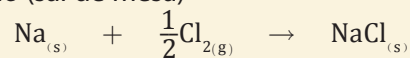
- Nitrato de sodio (también conocido como salitre)



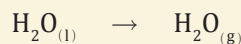
- Oxido de calcio (también conocida como cal o cal viva)



- Cloruro de sodio (sal de mesa)



- Vapor de agua



En cada caso indica:

- ¿La entropía aumenta o disminuye?
- A la luz de los ejemplos revisados, ¿por qué es importante la entropía?

## DESAFÍO

- Observar
- Analizar
- Inferir
- Calcular

- 3 Imagina que tienes una taza de té recién servida sobre la mesa, por lo cual supondremos que tiene una temperatura aproximada de 98 °C.



- ¿Cuál es el sistema y cuál el entorno?
- ¿Qué valor (positivo o negativo) debería tener la variación de energía interna del sistema y del entorno?
- ¿El sistema libera o absorbe calor del entorno (+q o -q)? ¿Qué sucede con el entorno?
- Si  $\Delta S = \frac{q}{T}$  ¿cuál sería la expresión de entropía para el sistema y cuál para el entorno?
- A la luz de tus respuestas, ¿qué significa el siguiente postulado y cómo se aplica al caso estudiado?

“Cada vez que el calor fluye de un cuerpo caliente a uno más frío, la energía total no cambia, pero la entropía aumenta, característica fundamental de un proceso irreversible o espontáneo”.

### c. Segunda Ley de la Termodinámica

A la luz de lo estudiado hasta aquí, ¿qué relación nos permitirá, determinar finalmente si un proceso ocurre en forma espontánea o no? La respuesta a este cuestionamiento termodinámico, se encuentra en la **segunda ley de la termodinámica** que indica: “La entropía del universo aumenta en un proceso espontáneo y se mantiene constante en un proceso que se encuentra en equilibrio”, es decir, en un proceso espontáneo, teniendo en cuenta el sistema y los alrededores, hay un aumento neto de la entropía, y en procesos de equilibrio se mantiene constante.

Como el universo está constituido por el sistema y su entorno, la segunda ley de la termodinámica, se entenderá aplicada en la siguiente relación:

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{entorno}}$$



**Procedimiento:**

Preparar cubos de hielo, con el colorante o la tinta.

**Paso 1:**

- Agregar al vaso de vidrio agua fría, que esté a una temperatura aproximada de 10°C
- Registrar la temperatura del agua en el vaso y preparar el cronómetro.
- Agregar un hielo con colorante al vaso y observar en el cronómetro el tiempo que demora en que se formen las primeras líneas de colorante en el agua. Registra los datos.

**Paso 2:**

- Agregar al vaso de vidrio agua tibia, que esté a una temperatura aproximada de 25°C
- Realiza el mismo procedimiento del paso anterior. Registra los datos

**Paso 3:**

- Agregar al vaso de vidrio agua recién hervida.
- Realiza el mismo procedimiento del paso anterior. Registra los datos.

Pasos	Temperatura ( °C) (vaso sin hielo)	Temperatura ( °C) (vaso con hielo y agua con color)	Tiempo (s) (en observar el agua coloreada)
1			
2			
3			

**Responde:**

- 1 En este experimento, ¿cuáles son los sistemas en estudio?
- 2 En el paso 1, explica en qué momento se produce un equilibrio termodinámico entre los sistemas estudiados, ¿qué ocurrió con el calor?, ¿qué ley de la termodinámica se puede evidenciar?
- 3 En el paso 1, el agua le transfiere calor al hielo haciendo que la temperatura del hielo aumente y se generando un cambio de estado. ¿Qué ley de la termodinámica podemos observar en este proceso?
- 4 ¿En qué paso la entropía fue mayor? Explica
- 5 Analiza los datos registrados, ¿qué diferencias puedes observar entre los diferentes pasos? Explica porque crees que ocurren esas diferencias.

**¡HAZLO EN TU CASA!****Habilidades a desarrollar:**

- Observar
- Registrar
- Inferir

**Materiales**

- Vaso de vidrio
- Termómetro
- Cubeta (utilizada para hacer hielo en el congelador)
- Cronómetro reloj
- Colorante artificial o tinta



En el sitio <http://www.educa.madrid.org/web/ies.isidradeguzman.alcala/departamentos/fisica/temas/termoquimica/entropia.html> podrás observar una animación en la que se ve la diferencia entre el estado sólido, líquido y gas y lo que ocurre en cada uno al aumentar la temperatura. Entropía.



### c.1. Entropía en un proceso irreversible o espontáneo



- ¿Imagina que sacas del horno un queque recién horneado?, ¿qué esperas que suceda?
- ¿Qué sucede con la energía del sistema y del entorno?
- ¿Qué sucede con la energía del sistema, del entorno y del universo?
- A partir del comportamiento de la energía, ¿cómo definirías con tus palabras la segunda ley de la termodinámica?

Exactamente el calor del sistema fluye (cuerpo caliente) a un lugar más frío (entorno), la energía total no cambia, pero la entropía total aumenta. Esta es la característica fundamental de un proceso irreversible o espontáneo, es decir:

- **El proceso espontáneo es aquel en que  $\Delta S_{\text{universo}} > 0$**   
Por el contrario
- **El proceso no es espontáneo en la dirección descrita si,  $\Delta S_{\text{universo}} < 0$**

### c.2. Entropía en un proceso reversible: equilibrio

- Si dispones agua caliente en un termo y los cierras, ¿qué sucederá con la energía del sistema, del entorno y del universo?

¡Perfecto!, las paredes del sistema empleado (termo cerrado) impiden que el calor fluya a un lugar más frío (entorno). La energía y entropía total no cambia, se mantiene constante. Esta es la característica fundamental de un proceso reversible, en el que:

$$\Delta S_{\text{universo}} = 0$$

En este caso el proceso está en equilibrio.

Como podrás deducir, la segunda ley de la termodinámica y la entropía tienen aplicaciones completamente cotidianas como las que estudiaste en los ejemplos anteriores, y en otros.

Comenta con tus compañeros los siguientes casos:

- ¿Qué relación tiene la energía proveniente del sol y su dispersión en el planeta con la segunda ley de la termodinámica?
- Uso de los combustible por parte de los seres humanos.



### d. Entropías molares estándar

• ¿Cómo podrías explicar el título?, ¿recuerdas qué indica el concepto estándar?

La entropía de una sustancia en estado estándar se denomina **entropía molar estándar** ( $S^0$ ) y corresponde a la entropía de un mol de sustancia en su forma más estable a 298 K (25°C) de temperatura y a 1 atmósfera (atm) de presión. A continuación en la tabla 4 se presentan las entropías estándar de algunas sustancias.

Tabla 4  
Entropía molar estándar

Elemento	$S^0$ (J/K mol)	Compuesto	$S^0$ (J/K mol)	Compuesto	$S^0$ (J/K mol)
Al <sub>(s)</sub>	28,3	Al <sub>2</sub> O <sub>3(s)</sub>	50,9	Fe <sub>2</sub> O <sub>3(s)</sub>	87,4
Fe <sub>(s)</sub>	27,3	CH <sub>4(g)</sub>	186,2	H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	188,7
H <sub>2(g)</sub>	130,6	C <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	229,5	H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	69,9
N <sub>2(g)</sub>	191,5	C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub>	269,9	H <sub>2</sub> O <sub>2(l)</sub>	109,6
Na <sub>(s)</sub>	51,2	CH <sub>3</sub> OH <sub>(g)</sub>	126,8	H <sub>2</sub> S <sub>(l)</sub>	205,7
O <sub>2(g)</sub>	205,0	CO <sub>(g)</sub>	197,6	H <sub>2</sub> SO <sub>4(l)</sub>	156,9
S <sub>(s)</sub>	31,8	CO <sub>2(g)</sub>	213,6	NH <sub>3(g)</sub>	192,3
		CaCO <sub>3(s)</sub>	92,9	NaCl <sub>(s)</sub>	72,1
		CaO <sub>(s)</sub>	39,8	SO <sub>2(g)</sub>	248,1
		Ca(OH) <sub>2(s)</sub>	83,4	SO <sub>3(g)</sub>	256,7
		CaSO <sub>4(s)</sub>	106,7		

Ión	$S^0$ (J/K mol)
Ca <sup>2+</sup> <sub>(ac)</sub>	-53,1
OH <sup>-</sup> <sub>(ac)</sub>	-10,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> <sub>(ac)</sub>	20,1

De acuerdo a los datos entregados en la tabla 4 se observa que:

- Los elementos tienen entropías estándar distintas de cero. Esto significa que para calcular el cambio de entropía estándar de una reacción  $\Delta S^0$ , se deben tener en cuenta tanto los elementos como los compuestos.
- Las entropías molares estándar de las sustancias puras (elementos y compuestos) son siempre cantidades positivas ( $S^0 > 0$ )
- Los iones en disolución acuosa pueden tener valores negativos de  $S^0$ . Esto es consecuencia de la forma arbitraria en que se definen las entropías iónicas. Tomando:  $S^0_{H^+(ac)} = 0$
- Las entropías de sustancias de estructura parecida y en el mismo estado físico, generalmente aumentan con la masa molar. Compara, por ejemplo, los hidrocarburos: metano CH<sub>4(g)</sub>  $S^0 = 186,2$  J/mol · K, etano C<sub>2</sub>H<sub>6(g)</sub>  $S^0 = 229,5$  J/mol · K y propano C<sub>3</sub>H<sub>8(g)</sub>  $S^0 = 269,9$  J/mol · K todos formados por carbono (C) e hidrógeno (H), cuyas masas molares son: 16 g/mol, 30 g/mol, 44 g/mol.

#### RECUERDA QUE

Un ión es un átomo o grupo de átomos que ha perdido o ganado uno o más electrones, dejando de ser eléctricamente neutro.

## DESAFÍO

## Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Deducir
- Interpretar
- Graficar
- Diseñar

Observa atentamente la tabla 4 de entropías estándar ( $S^0$ ). Según los datos entregados en ella, reflexiona y luego responde los siguientes cuestionamientos:

- 1 ¿Los elementos, que tipo de entropía presentan (mayor, igual, distinta, menor a cero)?
  - a. ¿Investiga cuál es el valor de  $H^0$  para los mismos elementos?
  - b. ¿Cuál es la importancia de esta diferencia de valores ( $H^0$  y  $S^0$  para elementos)?
  
- 2 Los compuestos y elementos presentan entropías mayores a cero o en otras palabras, siempre positivas.
  - a. ¿Cómo se explica este hecho?
  - b. Selecciona tres elementos o compuestos cuya entropía es positiva. Investiga cuál es su aplicación doméstica, industrial o farmacéutica. ¿Qué relación se puede establecer entre su aplicación y el valor de su entropía?
  
- 3 Para las siguientes sustancias  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ 
  - a. Construya una tabla que le permita reunir comparativamente las entropías estándar de las sustancias gaseosas y sus respectivas masas molares.
  - b. Elabore un gráfico lineal Masa Molar vs.  $S^0$ .
  - c. Observando el gráfico construido, ¿qué puede señalar de la relación Masa Molar vs.  $S^0$  para sustancias de estructura similar?
  - d. Proponga un diseño para determinar, ¿cómo podría comprobar si la relación que estableció para las moléculas  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  se observa en otras y/o se puede establecer como una de carácter general?
  - e. Al aplicar su diseño, ¿la regla obtenida se puede generalizar?
  - f. Investiga y explica qué señala la **tercera ley de la termodinámica**.

### e. Variación de la entropía ( $\Delta S$ ) en una reacción química

Un sistema químico desde el punto de vista termodinámico está formado por las sustancias que participan en una reacción. Recordemos además, que la entropía es una función de estado, por lo cual:

$$\Delta S = S_{\text{final}} - S_{\text{inicial}}$$

Considerando que el estado inicial del sistema está dado por los reactantes y el final por los productos de la reacción, se podrá calcular el cambio o variación de entropía en la reacción química, restando la sumatoria de la entropías molares estándar de los reactantes (inicial) a la de los productos (final).

$$\Delta S^0 = \sum n S^0_{(\text{productos})} - \sum m S^0_{(\text{reactivos})}$$



Donde:

$\sum$  corresponde a la sumatoria de los reactivos y de los productos  
 $n$  y  $m$  corresponden al número de moles de los productos y los reactivos, respectivamente.

### EJERCICIO RESUELTO

Calcula la variación de entropía estándar ( $\Delta S^0$ ) para la formación de óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a partir del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) de acuerdo a la reacción:



**Paso 1.** Aplicando la misma técnica que aprendimos a desarrollar en el Tema 1, partiremos identificando la incógnita y datos que nos entrega el planteamiento del problema.

Incógnita:  $\Delta S^0$  para la reacción  $\text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$

Datos:

De la tabla de  $S^0$  se pueden conocer las entropías estándar de los compuestos.

$$S^0 \text{ CaO}_{(s)} = 39,8 \text{ J/mol K.}$$

$$S^0 \text{ CO}_{2(g)} = 213,6 \text{ J/mol K.}$$

$$S^0 \text{ CaCO}_{3(s)} = 92,9 \text{ J/mol K.}$$

**Paso 2.** La fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita. En

$$\text{este caso: } \Delta S^0 = \sum n S^0_{(\text{productos})} - \sum m S^0_{(\text{reactivos})}$$

**Paso 3.** Para las siguientes sustancias:

$$\Delta S^0 = [S^0 \text{ CaO}_{(s)} + S^0 \text{ CO}_{2(g)}] - [S^0 \text{ CaCO}_{3(s)}]$$

$$\Delta S^0 = [(1 \text{ mol} \cdot 39,8 \text{ J/K} \cdot \text{mol}) + (1 \text{ mol} \cdot 213,6 \text{ J/K} \cdot \text{mol})] \\ - [1 \text{ mol} \cdot 92,9 \text{ J/K} \cdot \text{mol}]$$

**Paso 4.** Resolver.

$$\Delta S^0 = [39,8 \text{ J/K} + 213,6 \text{ J/K}] - [92,9 \text{ J/K}]$$

$$\Delta S^0 = +160,5 \text{ J/K}$$

**Paso 5.** Al interpretar los resultados observarás que  $\Delta S^0$  para la descomposición del carbonato de calcio es una cantidad positiva, es decir, la entropía aumenta y el proceso es espontáneo. ¿Cómo se entiende esto? El gas formado ( $\text{CO}_2$ ) tiene una entropía estándar molar mucho más alta que la de ambos sólidos (CaO y  $\text{CaCO}_3$ ).

La entropía, no sólo es aplicable en el área de la termodinámica, también es objeto de estudio en áreas como la astrofísica, en lingüística, en matemáticas, en la teoría de la información, en ecología y en otras áreas. Por eso es tan importante estudiar el concepto y comprenderlo.



## 2. Energía libre de Gibbs

Un estudiante de tercer año medio, en su hogar realiza una experiencia y en su bitácora describe lo sucedido, de la siguiente manera:

*“En un vaso de vidrio, agregué cinco cucharadas de vinagre y sobre él, una cucharadita de bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ). Inmediatamente se produjo efervescencia y la espuma alcanzó la parte superior del vaso, sonaba muy fuerte, como cuando se destapa una bebida gaseosa”*

Considerando lo descrito por el estudiante:

- ¿Cuál es el sistema de estudio?
- ¿La reacción es espontánea o no?
- ¿Clasificarías la reacción como endotérmica o exotérmica?

La segunda ley de la termodinámica, como vimos recientemente, puede utilizarse para calcular si una reacción es espontánea a partir del conocimiento de la entropía del sistema y del entorno.

Vimos hasta aquí que la entalpía y la entropía afectan a la espontaneidad de una reacción química; pero ¿cómo se combinan estas dos propiedades, de manera tal que se obtenga una única función, cuyo valor determine si una reacción es o no espontánea?

Esta cuestión fue resuelta por **J. Willard Gibbs**, quien introdujo una nueva magnitud la actualmente energía de Gibbs, energía libre de Gibbs ( $G$ ) o simplemente **energía libre**. Willard Gibbs demostró experimentalmente que para una reacción que tiene lugar a presión y temperatura constantes, la variación de la energía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ) representa la fracción del cambio de energía total que está disponible para desarrollar trabajo útil.

Considerando entonces, la transferencia de calor de un sistema ( $H$ ), así como su entropía ( $S$ ) (que puede alterarse variando la temperatura,  $T$ ), definió la energía libre como:

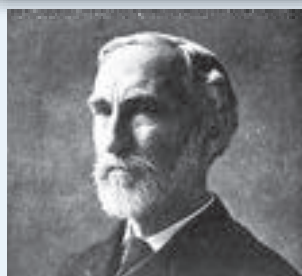
$$G = H - TS$$

Por ejemplo, si el  $\Delta G$  de una reacción es  $-110$  kJ, es posible obtener 110 kJ de trabajo útil a partir de la reacción. Por el contrario, si  $\Delta G$  es  $+110$  kJ, habrá que suministrar, al menos, esa misma cantidad de energía en forma de trabajo, para que la reacción tenga lugar.

La energía libre de una sustancia, al igual que su entalpía y entropía, es una función de estado; por ende,  $\Delta G$  de una reacción depende solamente de la naturaleza de productos y reactivos, y de las condiciones (temperatura, presión y concentración).

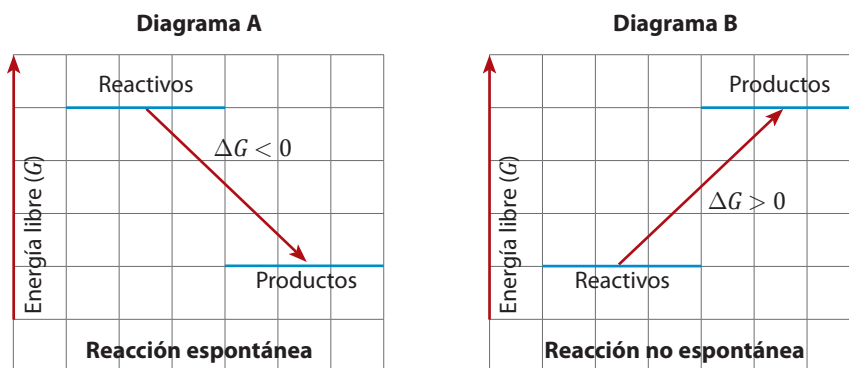
Expresado de otra forma,  $\Delta G$  es una medida de las fuerzas que dirigen una reacción.

### MÁS QUE QUÍMICA



**Josiah Willard Gibbs**  
(1839-1903)

Químico, físico y matemático estadounidense que contribuyó de forma destacada a la fundación teórica de la termodinámica. Estudió en la Universidad de Yale, y obtuvo su doctorado en 1863. En 1871 fue nombrado profesor de física matemática en la misma universidad donde curso estudios. Enfocó su trabajo al estudio de la termodinámica y profundizó la teoría del cálculo vectorial.



Al analizar los diagramas tenemos:

Diagrama A	Diagrama B
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La energía libre de los productos es menor que la de los reactivos.</li> <li>• Al ser <math>G_{\text{productos}}</math> menor que <math>G_{\text{reactivos}}</math>, <math>\Delta G</math> menor que cero (de valor negativo).</li> <li>• El proceso es espontáneo en el sentido directo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La energía libre de los productos es mayor que la de los reactivos.</li> <li>• Al ser <math>G_{\text{productos}}</math> mayor que <math>G_{\text{reactivos}}</math>, <math>\Delta G</math> mayor que cero (de valor positivo).</li> <li>• El proceso no es espontáneo en sentido directo.</li> </ul>

¿Qué sucede si  $\Delta G = 0$ ?

Significa que  $G_{\text{productos}}$  es igual a la  $G_{\text{reactivos}}$ , por ende, no hay fuerza directriz para que la reacción ocurra en un determinado sentido. Se encuentra en **equilibrio**. Lo que permite que el proceso se considere reversible (podría ocurrir en cualquiera de los dos sentidos).



En el sitio <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r74433.PDF> Podrás encontrar más información acerca de la energía libre de Gibbs.

## a. Relación entre $G$ , $H$ y $S$ y predicción de la espontaneidad de un proceso

La relación establecida por J.W. Gibbs, encuentra su fundamento en la dificultad de determinar con exactitud el cambio de entropía del entorno. Lo que resulta más fácil si se expresa a partir del cambio de entalpía del sistema, entendiendo que:

- Cuando una reacción química libera energía ( $\Delta H_{\text{sistema}}$ ) es el entorno ( $\Delta H_{\text{entorno}}$ ) el que la recibe, entonces:

$$+\Delta H_{\text{entorno}} = -\Delta H_{\text{sistema}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- Considerando que a temperatura constante sabemos que:

$$\Delta S = \frac{\Delta q_{\text{entorno}}}{T} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Al aplicar la ecuación 1, en la ecuación 2 se tiene:

$$\Delta S_{\text{entorno}} = \frac{-\Delta H_{\text{sistema}}}{T} \quad (\text{Ecuación 3})$$





- Aplicando la ecuación 3 a la expresión de la entropía del universo (o total)  $\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{entorno}}$  se tendrá:

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \left( \frac{-\Delta H_{\text{sistema}}}{T} \right) \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Al ordenar la ecuación 4, simplificándola empleando la multiplicación por T y -1 se obtiene:

$$-T\Delta S_{\text{total}} = \Delta H_{\text{sistema}} - T\Delta S_{\text{sistema}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

- Comparando la distribución de la ecuación 5 con la expresión de Gibbs ( $G = H - TS$ ) se observa que la variación de la energía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ) es equivalente a:  $\Delta G = T\Delta S_{\text{total}}$  así se obtendrá:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Donde:

$\Delta H$  es la entalpía del sistema.

$\Delta S$  es la entropía del sistema.

$T\Delta S$  representa el desorden del sistema cuando ocurre el cambio.

Al relacionar  $\Delta H$  (entalpía del sistema)  $\Delta S$  (entropía del sistema) y T (temperatura), se obtiene que la variación de la energía libre se expresa en joule (J) o en kilojoule (kJ).

Lo más importante es que  $\Delta G$  está relacionada con la espontaneidad de un proceso. Presentándose los siguientes escenarios a presión y temperatura constantes:

$\Delta G < 0$  **proceso espontáneo.**

$\Delta G > 0$  **proceso no espontáneo.**

$\Delta G = 0$  **estado de equilibrio.**

En esta relación, conocida como ecuación de Gibbs-Helmholtz, se puede observar que hay dos factores que tienden a hacer  $\Delta G$  negativo y por tanto llevan a que una reacción sea espontánea:

1. Si  $\Delta H < 0$ , las reacciones exotérmicas tienden a ser espontáneas en la medida que contribuyen a un valor negativo de  $\Delta G$ .

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

2. Si  $\Delta H < 0$ ,  $-T\Delta S$  será una contribución negativa a  $\Delta G$  y las reacciones tienden a ser espontáneas.

La energía libre de Gibbs, es la parte de la energía de un sistema que se puede convertir libremente en trabajo útil a temperatura y presión constante. Por ejemplo, en la combustión de petróleo, se libera calor que se utiliza para generar vapor que puede producir trabajo mecánico o el trabajo eléctrico. La energía libre de Gibbs es la parte de la energía de un sistema que se puede convertir libremente en trabajo útil a temperatura y presión constante. El problema es controlar la energía útil y transformarla a trabajo sin que se pierda en calor.

En síntesis, el valor de  $\Delta G$  está directamente relacionado con la espontaneidad de un proceso, si la temperatura y la presión se mantienen constantes, como se observa en el recuadro:

Sistema	Proceso	Universo
$\Delta G < 0$	Espontáneo en el sentido directo.	$T\Delta S > 0$
$\Delta G = 0$	En equilibrio, pues $\Delta H = T\Delta S$ (ecuación que permite estimar la temperatura a la cual el proceso está en equilibrio).	$T\Delta S = 0$
$\Delta G > 0$	No espontáneo en el sentido directo. Es espontáneo en la dirección opuesta.	$T\Delta S < 0$

Si bien la ecuación de Gibbs-Helmholtz es válida bajo cualquier tipo de condiciones, solo se aplicará en condiciones estándar, donde:

- Los gases están a una presión parcial de una atmósfera.
- Los iones o moléculas en disolución están a una concentración 1 M.

En otras palabras, se debe emplear la ecuación de la forma:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

Donde:

- $\Delta G^0$  es el cambio de energía libre estándar (1atm, 1M).
- $\Delta H^0$  es el cambio de entalpía estándar, que puede calcularse a partir de los calores de formación expresada en kJ.
- $T\Delta S^0$  es el cambio de entropía estándar en función de la temperatura, expresada en kJ.

Para ilustrar cómo se utiliza la ecuación de Gibbs-Helmholtz, a fin de obtener el valor de  $\Delta G^0$ , analizaremos el siguiente ejemplo. Sigue el desarrollo atentamente.

### EJERCICIO RESUELTO

El sulfato de calcio en su forma hidratada ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es una de las materias primas empleadas en la fabricación del yeso artificial, comúnmente denominado yeso seco.



Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de calcio hidratado

Cuando el sulfato de calcio se disuelve en agua, experimenta el siguiente proceso de disociación.



¿Cuál es la  $\Delta G^0$  para la reacción a 25 °C?

### RECUERDA QUE

Una disolución es una mezcla homogénea, uniforme y estable, formada por dos o más sustancias denominadas genéricamente componentes, entre los cuales no hay una reacción química y, por ende, es posible separarlos por métodos físicos.

### RECUERDA QUE

La concentración de una disolución, corresponde a la cantidad de soluto que está presente en una determinada cantidad de disolvente. La simbología 1 M, indica la molaridad de una disolución expresada en mol/L

$$M = \frac{n(\text{moles de soluto})}{V(\text{volumen de disolución})}$$

**Paso 1.** Identificación de la incógnita y de los datos.



Datos: Para calcular  $\Delta G^0$  será necesario conocer la  $\Delta H^0$  y la  $\Delta S^0$  de una reacción. Por ende, es necesario conocer las entalpías y entropías estándar del compuesto o iones participantes. (Tablas de  $\Delta H^0$  y  $S^0$ ).

Participante	$S^0$	$\Delta H^0$
$\text{CaSO}_{4(s)}$	+160,7 J/mol K	-1434,1 kJ/mol
$\text{Ca}^{2+}_{(ac)}$	-53,1 J/mol K	-542,8 kJ/mol
$\text{SO}_4^{2-}_{(ac)}$	+20,1 J/mol K	-909,3 kJ/mol

**Paso 2.** La fórmula que nos permite obtener  $\Delta G^0$  es:  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ .

**Paso 3.** Es necesario determinar los valores de  $\Delta H^0$  y  $\Delta S^0$ .

$$\Delta H^0 = \sum n \Delta H^0_{f(\text{productos})} - \sum m \Delta H^0_{f(\text{reactivos})}$$

$$\Delta H^0 = [(1 \text{ mol Ca}^{2+} \cdot \Delta H^0_{f(\text{Ca}^{2+})}) + (1 \text{ mol SO}_4^{2-} \cdot \Delta H^0_{f(\text{SO}_4^{2-})})] - [(1 \text{ mol CaSO}_4 \cdot \Delta H^0_{f(\text{CaSO}_4)})] = -18,0 \text{ kJ}$$

$$\Delta S^0 = \sum n S^0_{(\text{productos})} - \sum m S^0_{(\text{reactivos})}$$

$$\Delta S^0 = [1 \text{ mol } S^0_{\text{Ca}^{2+}} + 1 \text{ mol } S^0_{\text{SO}_4^{2-}}] - [1 \text{ mol } S^0_{\text{CaSO}_4}]$$

$$\Delta S^0 = [(1 \text{ mol} \cdot -53,1 \text{ J/K} \cdot \text{mol}) + (1 \text{ mol} \cdot 20,1 \text{ J/K} \cdot \text{mol})]$$

$$- [1 \text{ mol} \cdot 160,7 \text{ J/K} \cdot \text{mol}] = -193,7 \text{ J/K}$$

**Paso 4.** Resolver. Al remplazar en la fórmula  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ , se obtiene:

$$\Delta G^0 = -18,0 \text{ kJ} - 298 \text{ K} \cdot (-193,7 \text{ J/K})$$

### RECUERDA QUE

Para convertir de grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) a Kelvin (K) se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = (^{\circ}\text{C} + 273 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Observa que los valores de  $\Delta H^0$  y  $\Delta S^0$  se encuentran en unidades distintas, el primero en kJ y el segundo en J. Como  $\Delta G^0$  se expresa en kJ, se deben transformar las unidades de  $\Delta S^0$  con el factor de conversión  $1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$

$$\Delta S^0 = -193,7 \text{ J/K} \cdot 1 \text{ kJ} / 1000 \text{ J} = -0,1937 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta G^0 = -18,0 \text{ kJ} - 298 \text{ K} \cdot (-0,1937 \text{ kJ/K}) = +39,72 \text{ kJ}$$

**Paso 5.** Interpretar para dar una respuesta.

Reflexiona e interpreta el valor obtenido. Para ello, responde las siguientes preguntas:

¿Qué es la variación de la energía libre ( $\Delta G^0$ )?

¿Qué significa que el valor de la variación sea positivo?

¿Qué puedes concluir?

¡Bien hecho! Según el valor obtenido ( $\Delta G^0 = +39,72 \text{ kJ}$ ) la reacción química no es espontánea en condiciones estándar.

Investiga: ¿en qué condiciones la reacción química sería espontánea?



En el sitio <http://www.educaplus.org/play-76-Energ%C3%ADa-libre-de-Gibbs.html> Podrás encontrar una animación en la que podrás calcular la variación de energía libre.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Aplicar
- Calcular
- Interpretar
- Concluir

- Considerando lo aprendido hasta aquí respecto a la importancia de la energía libre de Gibbs, volvamos a analizar la reacción del vinagre y el bicarbonato de sodio, ¿recuerdas lo registrado por el alumno en la bitácora?
- a. ¿Cuál es la ecuación química que representa el proceso?
  - b. Empleando los valores de la entalpía de la tabla 2, ¿cuál es la entalpía de la reacción?
  - c. Según el valor de la entalpía, ¿cómo es el proceso?
  - d. Empleando los valores de la entropía de la tabla 4, ¿cuál es la entropía de la reacción?
  - e. ¿Qué indica el valor de la entropía del sistema?
  - f. Considerando la expresión de Gibbs-Helmholtz, calcula  $\Delta G$ , ¿qué significa el valor obtenido?
  - g. Considerando los valores obtenidos, las hipótesis planteadas en la experiencia anterior ¿son válidas? Comenta con tus compañeros y construye una conclusión al respecto.
  - h. A partir del ejemplo estudiado, ¿reconoces el significado, importancia y aplicación de la entropía y la energía libre?



El alumno estratégico se conoce a sí mismo como aprendiz: planifica, regula y evalúa su propio proceso de aprendizaje, lo que lo lleva tanto a aprender significativamente el contenido que estudia como a aprender a aprender. Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿Tengo clara mi situación de aprendizaje?, ¿sé cuánto y qué he aprendido hasta aquí?, ¿uso técnicas de estudio apropiadas a mi estilo?, ¿relaciono los conceptos aprendidos, con los fenómenos que ocurren a mi alrededor?

### b. Energía libre estándar ( $\Delta G^0$ )

La energía libre en condiciones estándar ( $\Delta G^0$ ) corresponde a valores medidos en condiciones establecidas, tales como:

- Sólidos y líquidos, puros.
- Gases, a 1 atmósfera (atm) de presión.
- Disolución, en concentración 1M (1 mol/L)
- Elementos, de valor cero por definición ( $\Delta G_f^0 = 0$ )
- Temperatura de 25°C

A partir de los valores de  $\Delta G_f^0$  (presentados en la tabla 5), es posible calcular la variación de energía libre de Gibbs estándar de la reacción de formación de un compuesto, utilizando los valores de entalpía y entropía de las sustancias que participan en ella.



Tabla 5  
 Energía libre estándar de formación

Compuesto	$\Delta G_f^0$ kJ/mol	Ión	$\Delta G_f^0$ kJ/mol
$\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$	-1582,3	$\text{Al}_{(ac)}^{3+}$	-485,0
$\text{CH}_{4(g)}$	-50,7	$\text{H}_{(ac)}^+$	0
$\text{C}_2\text{H}_{4(g)}$	+68,1	$\text{Mg}_{(ac)}^{2+}$	-454,8
$\text{C}_2\text{H}_6(g)$	-32,9	$\text{Cd}_{(ac)}^{2+}$	-77,6
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	-166,3	$\text{Cl}_{(ac)}^-$	-131,2
$\text{CO}_{(g)}$	-137,2	$\text{F}_{(ac)}^-$	-278,8
$\text{CO}_{2(g)}$	-394,4	$\text{S}_{(ac)}^{2-}$	+85,8
$\text{CaCO}_{3(s)}$	-1128,8	$\text{CO}_{3(ac)}^{2-}$	-527,8
$\text{CaO}_{(s)}$	-604,0	$\text{OH}_{(ac)}^-$	-157,2
$\text{Ca(OH)}_{2(s)}$	-898,5	$\text{SO}_{4(ac)}^{2-}$	-744,5
$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$	-742,2		
$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	-228,6	<b>Elemento</b>	<b><math>\Delta G_f^0</math> kJ/mol</b>
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-237,2	$\text{Al}_{(s)}$	0
$\text{H}_2\text{O}_{2(l)}$	-120,4	$\text{Fe}_{(s)}$	0
$\text{H}_2\text{S}_{(g)}$	-33,6	$\text{H}_{2(g)}$	0
$\text{NH}_3(g)$	-16,5	$\text{Mg}_{(s)}$	0
$\text{SO}_{2(g)}$	-300,2	$\text{N}_{2(g)}$	0
$\text{SO}_{3(g)}$	-371,1	$\text{O}_{2(g)}$	0
$\text{CaCl}_{2(s)}$	-750,2	$\text{S}_{(s)}$	0
$\text{CuCl}_{(s)}$	-118,8	$\text{Ni}_{(ac)}^{2+}$	-46,4
$\text{B}_2\text{O}_{3(s)}$	-1184,1	$\text{NH}_{4(ac)}^+$	-79,5
$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$	-741	$\text{I}_{(ac)}^-$	-51,7
$\text{PbCl}_{2(s)}$	-313,9	$\text{Fe}_{(ac)}^{3+}$	-10,5

Considerando que la energía libre también corresponde a una función de estado, se tiene:

$$\Delta G^0 = \sum n \Delta G_f^0(\text{productos}) - \sum m \Delta G_f^0(\text{reactivos})$$

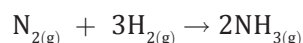
Razón por la cual es posible calcular la variación de la energía libre directamente, si se conocen los datos expuestos en la tabla anterior.

Veamos la aplicación en el siguiente ejemplo:

### EJERCICIO RESUELTO

El trihidruro de nitrógeno, más conocido como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), químico que es asimilado en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) por las plantas, como un nutriente que resulta ser de gran importancia para su desarrollo.

¿Cuál es la variación de energía libre que experimenta la reacción de formación del amoníaco en condiciones estándar?





**Paso 1.** Identificación de la incógnita y de los datos.

Incógnita:  $\Delta G^0$  para la reacción  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ .

Datos:  $\Delta G_f^0$  de cada componente de la reacción.

Participante	$\Delta G_f^0$ kJ/mol
$N_{2(g)}$	0
$H_{2(g)}$	0
$NH_{3(g)}$	-16,5

**Paso 2.** La fórmula que nos permite obtener  $\Delta G^0$  es:

$$\Delta G^0 = \sum n \Delta G_{f(\text{productos})}^0 - \sum m \Delta G_{f(\text{reactivos})}^0$$

**Paso 3.** Remplazando los valores en la fórmula se obtiene:

$$\Delta G^0 = \sum n \Delta G_{f(\text{productos})}^0 - \sum m \Delta G_{f(\text{reactivos})}^0$$

$$\Delta G^0 = [2 \text{ mol} \cdot \Delta G_{fNH_3(g)}^0] - [(1 \text{ mol} \cdot \Delta G_{fN_2(g)}^0) + (3 \text{ mol} \cdot \Delta G_{fH_2(g)}^0)]$$

$$\Delta G^0 = [(2 \text{ mol} \cdot -16,5 \text{ kJ/mol})]$$

$$- [(1 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol}) + (3 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol})]$$

**Paso 4.** Al resolver, se obtiene:  $\Delta G^0 = -33 \text{ kJ}$ .

**Paso 5.** Interpretar para dar una respuesta.

Interpretemos el valor obtenido. ¿Qué es la variación de la energía libre ( $\Delta G^0$ )? ¿Qué significa que el valor de la variación sea negativo? ¿Qué puedes concluir respecto a la reacción química observando el valor obtenido?

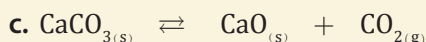
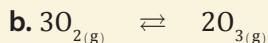
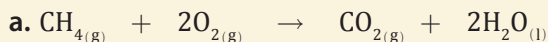
¡Muy bien! El valor obtenido ( $\Delta G^0 = -33 \text{ kJ}$ ). La reacción química es espontánea en condiciones estándar.

## SABÍAS QUE

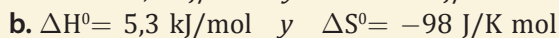
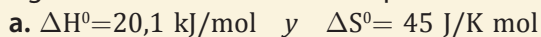
El amoníaco es fácilmente biodegradable. Las plantas lo absorben con gran facilidad, eliminándolo del medio. Es una fuente importante del nitrógeno que necesitan las plantas y los animales.



**1** Calcula el cambio de energía libre para las siguientes reacciones bajo condiciones normales.



**2** A partir de los siguientes datos para  $\Delta H$  y  $\Delta S$ , determina cuales de las siguientes ecuaciones serán espontáneas:



## DESAFÍO

**Habilidades a desarrollar:**

- Analizar
- Calcular
- Interpretar

### c. Efecto de la temperatura

Continuamos revisando la experiencia realizada por el alumno de 3º medio, en su experimentación con vinagre y bicarbonato de sodio. Respecto a esa actividad:

- ¿Qué habría sucedido si el vinagre se encuentra muy helado, casi al punto de congelación y viceversa?
- ¿La temperatura del vinagre afecta la entalpía y la entropía del sistema?
- ¿Qué sucede con la energía libre?

Hemos señalado que para sistemas con presión y temperatura constantes, los valores de  $\Delta G^0$  indican que:

$\Delta G < 0$  Proceso espontáneo.

$\Delta G > 0$  Proceso no espontáneo.

$\Delta G = 0$  Proceso en equilibrio o estado de equilibrio, pues  $\Delta H = T\Delta S$ .

Pero, ¿qué sucederá si la temperatura de un sistema aumenta o disminuye? ¿Afectará ese cambio la espontaneidad de un proceso?

Al aplicar la ecuación  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ , a temperaturas distintas de 25 °C (298 K), solo se necesita cambiar el valor de  $T$ . Cuando la temperatura de un sistema de una reacción aumenta, el signo de  $\Delta G^0$  variará y por lo tanto el sentido en el que la reacción avanza espontáneamente, puede cambiar o no, dependiendo de los signos de  $\Delta H^0$  y  $\Delta S^0$ . Las cuatro situaciones posibles, deducidas de la ecuación de Gibbs, se resumen a continuación:

$\Delta H^0 < 0$ $\Delta S^0 > 0$ Proceso exotérmico, aumento de entropía, que es espontánea, a cualquier temperatura.	$\Delta H^0 > 0$ $\Delta S^0 > 0$ Proceso endotérmico, aumento de entropía, que es espontánea, a alta temperatura.
$\Delta H^0 < 0$ $\Delta S^0 < 0$ Proceso exotérmico, en el que disminuye la entropía, que es espontánea, a baja temperatura.	$\Delta H^0 > 0$ $\Delta S^0 < 0$ Proceso endotérmico, en el que disminuye la entropía, que es no espontánea, a cualquier temperatura.

Así, la predicción de espontaneidad de un proceso se puede resumir en la siguiente tabla.

**Tabla 6**  
Resumen de la predicción de espontaneidad de un proceso

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$			
$\Delta H^0$	$\Delta S^0$	Proceso	Ejemplo
-	+	Espontáneo a cualquier temperatura	$2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(ac)} + H_{2(g)}$
+	-	No espontáneo a cualquier temperatura	$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$
+	+	No espontáneo a baja temperatura	$2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$
		Espontáneo a alta temperatura	
-	-	No espontáneo a alta temperatura	$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$
		Espontáneo a baja temperatura	

Por ejemplo, durante la descomposición del óxido de azufre (VI) o trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), como muestra la siguiente reacción:



Se observa que  $\Delta H^0 = 98,9 \text{ kJ}$  y  $\Delta S^0 = 0,0939 \text{ kJ/K}$  (a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). ¿Es o no espontánea la reacción?

1. Al aplicar  $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ , se obtendrá:

$$\Delta G^0 = + 98,9 \text{ kJ} - 298 \text{ K} \cdot (+ 0,0939 \text{ kJ/K}) = 70,92 \text{ kJ}$$

Como el valor es positivo, sabemos que la reacción no ocurrirá espontáneamente.

2. Al aplicar la tabla anterior, se tiene que:

$\Delta H^0$	$T\Delta S^0$	$\Delta G^0$	Proceso
+	+	+	No espontáneo a baja temperatura

3. ¿Cómo se puede determinar la temperatura a la que será el proceso espontáneo?

Las aplicaciones de  $\Delta G$  indican que, cuando su valor es cero, el proceso está en equilibrio y  $\Delta H^0 = T\Delta S^0$ , ecuación a partir de la cual se puede establecer (conociendo los valores  $\Delta H^0$  y  $\Delta S^0$ ) la temperatura a la que el proceso está en equilibrio; en este caso:

$$98,9 \text{ kJ} = T \cdot -0,0939 \text{ kJ/K}$$

Despejando  $T$  se obtiene:

$$T = \frac{98,9 \text{ kJ}}{0,0939 \text{ kJ/K}}$$

$$T = 1,053 \text{ K}$$

4. ¿Qué nos indica  $T = 1,053 \text{ K}$ ?

La temperatura calculada es la temperatura a la que el proceso se encuentra en perfecto equilibrio.

Por otra parte, se sabe que a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  o  $298 \text{ K}$ , el proceso *no es espontáneo*, pues su  $\Delta G^0 = 70,92 \text{ kJ}$ .

Podemos, entonces, asegurar que el proceso no se llevará a cabo espontáneamente desde los  $298 \text{ K}$  en adelante y que a los  $1053,2 \text{ K}$  estará en equilibrio; por lo tanto, sobre los  $1053,2 \text{ K}$  el proceso comenzará a ser espontáneo.

Apliquemos esta conclusión con una temperatura levemente superior a la del equilibrio. Supongamos  $1054 \text{ K}$ .

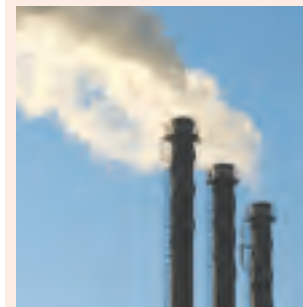
$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$\Delta G^0 = + 98,9 \text{ kJ} - 1054 \text{ K} \cdot (+ 0,0939 \text{ kJ/K})$$

$$\Delta G^0 = - 0,0706 \text{ kJ} \quad (\text{El proceso es espontáneo})$$

### SABÍAS QUE

La lluvia ácida constituye un serio problema ambiental, ocasionado principalmente por la contaminación generada por los productos de la combustión de hidrocarburos. Este tipo de contaminantes provienen principalmente por la combustión del azufre contenido en los combustibles fósiles, de la fundición de minerales que contienen azufre y de otros procesos industriales. Tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del  $\text{SO}_2$  es de extremo riesgo para la salud, debido a que éstos ingresan directamente al sistema circulatorio a través de las vías respiratorias.



¿Qué puedes concluir respecto a la reacción química, observando el valor obtenido para la variación de la energía libre? ¿Es o no un proceso espontáneo? ¿En qué condiciones?

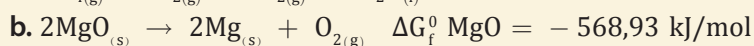
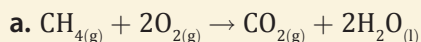
¡Muy bien! Según el valor obtenido ( $\Delta G^0 = -0,0706$  kJ), la reacción química es espontánea.

## DESAFÍO

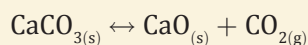
### Habilidades a desarrollar:

- Calcular
- Inferir
- Analizar
- Interpretar

**1** Calcula los cambios de energía libre estándar a 25 °C para las siguientes reacciones, explicando, a partir de los resultados obtenidos, si el proceso es espontáneo o no.



**2** Para la fabricación de acero en la producción de calcio metálico, en la industria del papel, incluso en el tratamiento de agua, por nombrar algunos ejemplos, se utiliza el óxido de calcio (CaO). Esta materia prima de gran importancia industrial se obtiene por descomposición de la piedra caliza o carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en un horno a alta temperatura según la siguiente ecuación química.



- a. ¿Cuál es la variación estándar de energía libre a 25 °C?
  - b. ¿Es el proceso espontáneo a 25 °C?
  - c. ¿A qué temperatura el sistema se encuentra en equilibrio?
  - d. ¿En qué rangos de temperatura el proceso no es espontáneo? Señala un ejemplo cuantitativo que avale tu predicción.
  - e. ¿En qué rangos de temperatura el proceso es espontáneo? Señala un ejemplo cuantitativo que avale tu predicción.
- 3** ¿Por qué se afirma que es mejor y más exacto determinar la dirección y espontaneidad de un proceso empleando los valores de  $\Delta G$  y no los de  $\Delta S$ ?
- 4** Considera los datos que se presentan en la siguiente tabla para las reacciones A, B y C.

Reacción	$\Delta H_f^0$ kJ/mol	$S^0$ J/K mol
A	12	30
B	1,5	-125
C	-134	-13

Señala:

- a. ¿Cuáles son espontáneas y cuáles no lo son a 25 °C?
- b. ¿A qué temperatura las reacciones que no son espontáneas lo serán?
- c. ¿A qué temperatura cada reacción se encuentra en equilibrio?

**Evalúa:**

Para finalizar, te invitamos a que evalúes tu nivel de aprendizaje logrado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Resulta fácil aplicar los conceptos de entropía.			
Reconozco procesos espontáneos y no espontáneos a partir de los valores de S.			
Conozco ejemplos de reacciones químicas espontáneas.			
Los ejercicios propuestos me permiten observar los conceptos de entropía y energía libre en aplicaciones simples.			

### d. Energía libre de Gibbs y Equilibrio químico

Es muy útil contar con un medio sencillo para determinar  $\Delta G^0$  a partir de datos tabulados, pero este procedimiento se aplica para condiciones estándar. Lo malo es que raramente ocurren procesos en condiciones estándar. Imaginariamente viajemos al laboratorio de tu colegio o, incluso, a la sala de clases. En esos lugares, ¿siempre existen 25 °C exactos? ¿Podemos aseverar que la presión es de 1 atm cuando realizamos una actividad experimental?

Como es difícil que se produzcan todas las condiciones, la variación de energía libre ( $\Delta G$ ) en condiciones *no estándar*, se puede obtener de la siguiente expresión:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$$

Donde:

$\Delta G$  = Energía libre de la reacción en condiciones no estándar.

$\Delta G^0$  = Energía libre estándar, que se obtiene a partir de datos tabulados en condiciones estándar.

$R$  = Constante del gas ideal de valor 8,314 J/mol K.

$T$  = Temperatura absoluta en K (a la que ocurre el proceso).

$Q$  = Cociente de la reacción que corresponde a la mezcla específica.

El cociente de la reacción  $Q$  se define como la relación proporcional entre los valores específicos de productos y reactantes.

$$Q = \frac{\text{productos}}{\text{reactantes}}$$





## MÁS QUE QUÍMICA

## ¿Qué nos informa la constante de equilibrio?

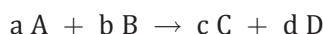
La magnitud de la constante de equilibrio puede informar si en una reacción está favorecida la formación de los productos o de los reactantes. Así, cuando:

1.  $K_{eq} > 1$ , significa que la relación de productos es superior a la de los reactantes; por ende, la reacción ocurre en el sentido directo y se produce una alta concentración de productos y disminuye la de reactivos.

2.  $K_{eq} < 1$ , significa que la relación de productos es menor a la de los reactantes; por ende, la reacción ocurre en el sentido inverso, es decir, tiende a generar mayor concentración de reactivos que de productos.

3.  $K_{eq} = 1$ , significa que la relación de productos es igual a la de los reactantes; por ende, la reacción está en equilibrio.

Por ejemplo, para la reacción:



Se puede establecer:

$$Q = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Por ejemplo, si la reacción de formación del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) gaseoso que estudiamos anteriormente se produce a  $25^\circ\text{C}$ , pero las presiones que afectan a los reactantes y productos son 1 atm para el  $\text{N}_{2(g)}$  y el  $\text{NH}_{3(g)}$  y 3 atm para el  $\text{H}_{2(g)}$ , las condiciones *no son estándar*. Por lo tanto, debemos calcular  $\Delta G$  y no  $\Delta G^0$  para determinar si el proceso es o no espontáneo. ¡Hagamos el ejercicio!

## EJERCICIO RESUELTO

Como  $\Delta G$  (no estándar) se obtiene de  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$ , debemos determinar  $Q$  y  $\Delta G^0$  para la reacción.

**Paso 1.** Identificación de la incógnita y de los datos que nos entrega el planteamiento del problema.



Datos: Para calcular la variación de la energía libre no estándar, será necesario conocer  $\Delta G^0$  de la reacción (que se puede obtener de la tabla de 5) y obtener el valor de  $Q$ .

**Paso 2.** La fórmula que nos permite obtener  $\Delta G$  es:  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$

Donde:

$$\Delta G^0 = \sum n \Delta G_{f(\text{productos})}^0 - \sum m \Delta G_{f(\text{reactivos})}^0 \quad \text{y} \quad Q = \frac{\text{productos}}{\text{reactantes}}$$

**Paso 3.** Remplazando los valores se obtiene:

Para  $\Delta G^0$ :

$$\Delta G^0 = \sum n \Delta G_{f(\text{productos})}^0 - \sum m \Delta G_{f(\text{reactivos})}^0$$

$$\Delta G^0 = [(2 \text{ mol} \cdot \Delta G_{f\text{NH}_3(g)}^0)] - [(1 \text{ mol} \cdot \Delta G_{f\text{N}_2(g)}^0) + (3 \text{ mol} \cdot \Delta G_{f\text{H}_2(g)}^0)]$$

$$\Delta G^0 = -33 \text{ kJ}$$

Para  $Q$ :

$$Q = \frac{(\text{Presión } \text{NH}_3)^2}{(\text{Presión } \text{N}_2) \cdot (\text{Presión } \text{H}_2)^3}$$

$$Q = \frac{(1,0)^2}{(1,0) \cdot (3,0)^3} = 3,7 \cdot 10^{-2}$$

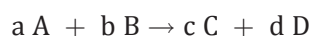
**Paso 4.** Al resolver la ecuación  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$  se obtiene:

$$\Delta G = -33 \text{ kJ} + [0,008314 \text{ kJ/K} \cdot 298 \text{ K}] \cdot \ln 3,7 \cdot 10^{-2} = -41,2 \text{ kJ}$$

**Paso 5.** Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué observas? Compara. ¿Cómo es el valor de  $\Delta G$  respecto a  $\Delta G^0$ ? ¿Cómo afectaron las presiones distintas de la estándar, el proceso químico?

El cociente de reacción  $Q$  puede ser evaluado en cualquier instante de la reacción y para cualquier valor de las concentraciones de los reactivos y/o de los productos. No es necesario el estado de equilibrio para calcular su valor. Cuando se produce el equilibrio, la expresión de  $Q$  coincide con la expresión de la constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ).

La constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ) se expresa como la relación entre las concentraciones molares (mol/L) de reactivos y productos. Su valor en una reacción química depende de la temperatura, por lo que esta siempre debe especificarse. La expresión de una reacción genérica es:



Estableciéndose para la constante de equilibrio:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Donde:

- En el numerador se escriben las concentraciones de los productos.
- En el denominador, las concentraciones de los reactivos.
- a, b, c y d corresponden al valor del coeficiente estequiométrico en la ecuación ajustada.

Cuando se trata de mezclas gaseosas, resultará más adecuado describir la composición en términos de **presiones parciales**. Para ello hay que adaptar la expresión de la constante de equilibrio y referirla, en vez de concentraciones ( $K_c$ ), a presiones parciales ( $K_p$ ).

Así, cuando el **sistema está en equilibrio**, sabremos que:

1.  $\Delta G = 0$ .
2. En lugar de  $Q$  se escribe la constante de equilibrio.

Por ende, la expresión:  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$  será:  $0 = \Delta G^0 + RT \ln K_{eq}$  y al despejar  $\Delta G^0$  se tendrá:  $\Delta G^0 = -RT \ln K_{eq}$ .

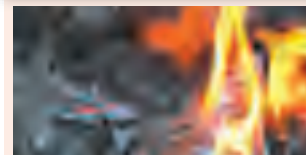
Para la expresión anterior es posible establecer las siguientes relaciones:

1. Si  $\Delta G^0$  es negativo, el valor de la operación  $\ln K_{eq}$  debe ser positivo; por ende,  $\Delta G^0$  **negativo**,  $K_{eq} > 1$ . Así, mientras más negativo sea  $\Delta G^0$ , más grande será  $K_{eq}$ .
2. Para que  $\Delta G^0$  sea positivo, el valor de la operación  $\ln K_{eq}$  debe ser negativo; por ende,  $\Delta G^0$  **positivo**,  $K_{eq} < 1$ .
3. Para que  $\Delta G^0$  sea igual a cero, el valor de la operación  $\ln K_{eq}$  debe ser cero; es decir,  $K_{eq} = 1$ , produciéndose el **equilibrio del sistema químico**.



En el sitio [http://www2.uah.es/edejesus/resumenes/QG/Tema\\_10.pdf](http://www2.uah.es/edejesus/resumenes/QG/Tema_10.pdf) Podrás encontrar un resumen de los conceptos más importantes estudiados en la unidad. Incluye ejercicios con sus respectivas soluciones.

## SABÍAS QUE



La reacción de combustión común, presenta una  $K_{eq} > 1$ , por ende, aumenta la concentración de  $CO_2$  producido y disminuye la cantidad de papel. Lo inverso ( $K_{eq} < 1$ ) sería que el  $CO_2$  empezara a producir papel, y si su  $K_{eq} = 1$ , veríamos una reacción permanente en aparente reposo.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Calcular
- Aplicar
- Interpretar
- Inferir

### I. Cuestionario. Resuelve las siguientes preguntas.

- 1 ¿Qué es la constante de equilibrio? ¿Qué significado tiene su valor?
- 2 ¿Por qué es necesario establecer una relación entre la energía libre y la constante de equilibrio?
- 3 ¿Cuál es la diferencia entre  $\Delta G$  y  $\Delta G^0$ ? ¿Cuál es la información que entrega cada una?
- 4 Considerando la expresión  $\Delta G^0 = -RT \ln K_{eq}$ , completa la siguiente tabla:

$\Delta G^0$	$\ln K_{eq}$	$K_{eq}$	¿Cómo es la reacción?
$\Delta G^0 < 1$			
$\Delta G^0 > 1$			
$\Delta G^0 = 0$			

### II. Ejercicios. Desarrolla los siguientes ejercicios en tu cuaderno.

- 1 Calcula la constante de equilibrio termodinámico del proceso a 25 °C, considerando los valores estándares de la energía libre para el agua en estado líquido y en estado gaseoso,  $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ .
- 2 Considerando que en la reacción  $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$ , la presión de los reactivos es igual a 2 atm y la del producto 1 atm, ¿cuál es la energía libre no estándar del sistema? En las condiciones descritas, ¿cuál es el comportamiento de la reacción? La reacción ocurre a 28°C.
- 3 La formación de óxido de calcio sólido (CaO) y dióxido de carbono gaseoso (CO<sub>2</sub>) a partir del carbonato de calcio sólido (CaCO<sub>3</sub>), de acuerdo a la reacción es  $CaCO_{3(g)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ , ¿Cuál es el valor de la energía libre no estándar, si la presión del sistema es igual a 0,5 atm? La reacción ocurre a 28°C.
- 4 El hidróxido de calcio, conocido comúnmente como "cal muerta o cal apagada", al disolverse en agua se disocia para neutralizar violentamente ácidos de pH muy bajo. Si la ecuación química que explica el proceso de disolución es  $Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca^{2+}_{(ac)} + 2OH^{-}_{(ac)}$ :
  - a. ¿Cuál será el  $\Delta H^0$  de la reacción?
  - b. ¿Cuál será el  $\Delta S^0$  de la reacción?
  - c. ¿Cuál será el  $\Delta G^0$  de la reacción?

### Y para terminar...

Ahora que has terminado de estudiar la unidad de "Termoquímica", te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha sido lo más significativo que has aprendido de la unidad?
- Con los conocimientos adquiridos, ¿qué nuevas respuestas puedes dar, a las preguntas planteadas al inicio de la unidad?, ¿las recuerdas? Coméntalas nuevamente con tu profesor y compañeros.

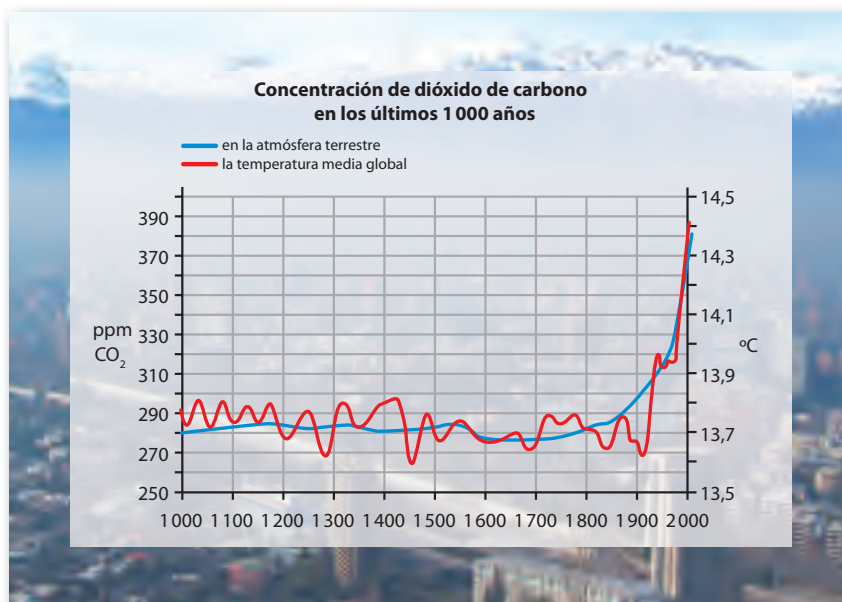
## El calentamiento global

La termodinámica de nuestro planeta está gobernada en gran parte por la interacción de la Tierra con su atmósfera. Si no fuera por la presencia de dos componentes relativamente minoritarios de la atmósfera, el vapor de agua y el dióxido de carbono, la Tierra estaría esencialmente desprovista de vida. Su temperatura media sería de alrededor de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El vapor de agua y el dióxido de carbono, al contrario del  $\text{N}_2$ , el  $\text{O}_2$  y el Ar, absorben intensamente la radiación infrarroja (calor) emitida por la Tierra. De esta forma, el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{O}$  actúan como una manta aislante que evita que el calor se escape al espacio exterior. Esto se conoce frecuentemente como **efecto invernadero**.

Aunque la concentración de vapor de agua en la atmósfera varía mucho según el lugar, permanece relativamente constante a lo largo del tiempo. Por el contrario, la concentración de dióxido de carbono ha aumentado más del 20 % en el siglo XX, como consecuencia de la actividad humana. La principal causa es la combustión creciente de combustibles fósiles. Por cada gramo de combustible fósil quemado, se emiten alrededor de tres gramos de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera. Parte de este  $\text{CO}_2$  se utiliza en la fotosíntesis de las plantas o es absorbida por los océanos, pero al menos la mitad permanece en la atmósfera.

Se estima que a menos que se tomen acciones preventivas, el aumento de los



niveles de  $\text{CO}_2$  puede elevar la temperatura de la Tierra en el año 2100 en  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ésta parece una cantidad pequeña hasta que se compara con la última era glacial, cuando la temperatura fue solamente  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  menor que la actual. Visto de otra manera, un aumento de temperatura de  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  cambiaría drásticamente el mundo que conocemos por:

- Aumento del nivel de mar en nada menos que un metro, en parte debido a la fusión de los glaciales (sistemas que absorberían calor del entorno, provocando un cambio de fase a favor de la entropía).
- Olas de calor veraniego y quizás otros desastres naturales, como las inundaciones y los huracanes, más frecuentes e intensos.

- Un cambio en el patrón mundial de precipitaciones; las lluvias serían más frecuentes e intensas en las regiones templadas y disminuirían en los trópicos y subtropicos.

Nadie puede estar seguro de que esta tendencia al calentamiento sea una consecuencia directa del aumento de las concentraciones del  $\text{CO}_2$ . Sin embargo, hubo suficiente preocupación para provocar la conferencia de Kyoto, Japón, en diciembre de 1997. Allí EE.UU. y Canadá, entre otros países industrializados, acordaron reducir la emisión de  $\text{CO}_2$  y otros gases de efecto invernadero a un promedio de 6 % para el año 2012.

Fuente: Masterton, W. (2003). *Principios y reacciones químicas* (p. 491). Madrid: Editorial Thomson.

### Preguntas para la reflexión

- 1 Investiga cuál (es) de los gases denominados de efecto invernadero son considerados lo que más contribuyen a este fenómeno. Explica y fundamenta.
- 2 Según el gráfico, ¿cuánto ha aumentado la temperatura en los últimos 1000 años? ¿Cuál ha sido el año en donde se registró el mayor aumento?
- 3 Investiga qué países están suscritos al protocolo de Kyoto. ¿Cuál es el objetivo principal de este acuerdo?

### Habilidades que se desarrollarán:

- Investigar
- Analizar
- Inferir y concluir



## Revisemos lo aprendido: Tema 2

### I. Sopa de letras.

- 1 En la siguiente sopa de letras, encuentra conceptos clave que se han trabajado durante el Tema 2 y el nombre de tres científicos que hicieron importantes aportes para comprender el azar, la entropía y la energía libre.

A	L	A	M	B	N	R	E	S	C	H	I	L	E
R	A	R	E	S	O	S	L	E	W	I	S	I	N
E	M	A	N	L	E	A	U	P	E	M	A	G	T
V	S	A	T	A	S	M	C	A	D	C	I	O	A
E	Q	P	R	C	P	A	I	E	U	L	D	L	L
R	U	I	O	A	O	N	A	L	A	A	A	O	P
S	I	R	P	N	N	I	N	B	R	U	X	I	I
I	M	E	I	C	T	T	O	I	D	S	A	B	I
B	I	T	A	O	A	A	C	S	O	I	C	D	A
L	C	A	S	A	N	C	N	R	C	U	I	I	I
E	A	M	A	P	E	O	M	E	F	S	S	R	T
A	R	U	A	L	O	S	A	V	O	I	I	E	S
F	R	A	N	C	I	A	C	E	A	L	F	C	E
R	G	I	B	B	S	C	A	R	R	A	S	T	N
A	C	O	T	R	E	U	P	R	O	P	A	O	O
E	N	E	R	G	I	A	L	I	B	R	E	L	H

- 2 Define con tus propias palabras los conceptos encontrados.
- 3 Explica brevemente cuál fue el aporte de los científicos identificados.

### II. Cuestionario.

- 1 Explica los tres principios de la termodinámica con tus propias palabras.
- 2 Enumera tres ejemplos de aumento de entropía en la vida cotidiana. Por ejemplo, tu pieza sufre entropía cuando llegas a tu casa y te cambias de ropa.
- 3 ¿Por qué la  $S^0$  de un elemento en su estado estándar no es igual a cero y aumenta proporcionalmente con la temperatura a la cual se ve expuesto?

- 4 Observa atentamente las siguientes imágenes:



- a. ¿Cuál de los procesos es espontáneo?
- b. De acuerdo a tu predicción de espontaneidad en cada caso, ¿qué sucede con las tres propiedades termodinámicas  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  y  $\Delta G$  en cada imagen? ¿Son mayores o menores a cero, positivas o negativas?

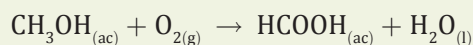
### III. Ejercicios.

- 1 Para cada una de las siguientes reacciones:
- Predice el signo de variación de la entropía para cada uno de los siguientes casos. Explica si el proceso tiende al orden o al desorden y si el proceso será espontáneo o no.
  - Calcula la  $\Delta S^0$  para la reacción y verifica si el valor es concordante con tu primera predicción.
    - $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
    - $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$





- 2 El ácido fórmico (HCOOH) es emitido por muchos insectos cuando pican. Un ejemplo común son las hormigas. Es ampliamente utilizado en la industria textil y puede obtenerse al exponer el alcohol metílico (CH<sub>3</sub>OH) al aire, según la siguiente reacción:

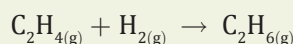


Considerando sus entalpías y entropías estándar:

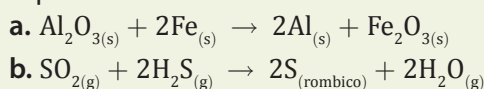
	$\Delta H_f^\circ$ kJ/mol	$\Delta S^\circ$ J/mol K
CH <sub>3</sub> OH <sub>(ac)</sub>	-246	133,1
HCOOH <sub>(ac)</sub>	-425	163

- Calcula  $\Delta H^\circ$  y  $\Delta S^\circ$  para la reacción.
- El calor de evaporación del ácido fórmico es 23,1 kJ/mol. Su temperatura de ebullición normal es de 101 °C. ¿Cuál será el  $\Delta S^\circ$  para la reacción  $\text{HCOOH}_{(\text{l})} \rightarrow \text{HCOOH}_{(\text{g})}$ ?
- Determina: ¿es espontánea la reacción a los 25 °C y a los 100 °C?
- ¿A qué temperatura el proceso alcanza el equilibrio?
- Describe las condiciones en las que el proceso sería espontáneo y las condiciones en las que no lo sería.

- 3 Determina si es o no espontánea, en condiciones normales, la reacción:



- 4 En qué intervalo de temperaturas las siguientes reacciones ocurrirán espontáneamente:



## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

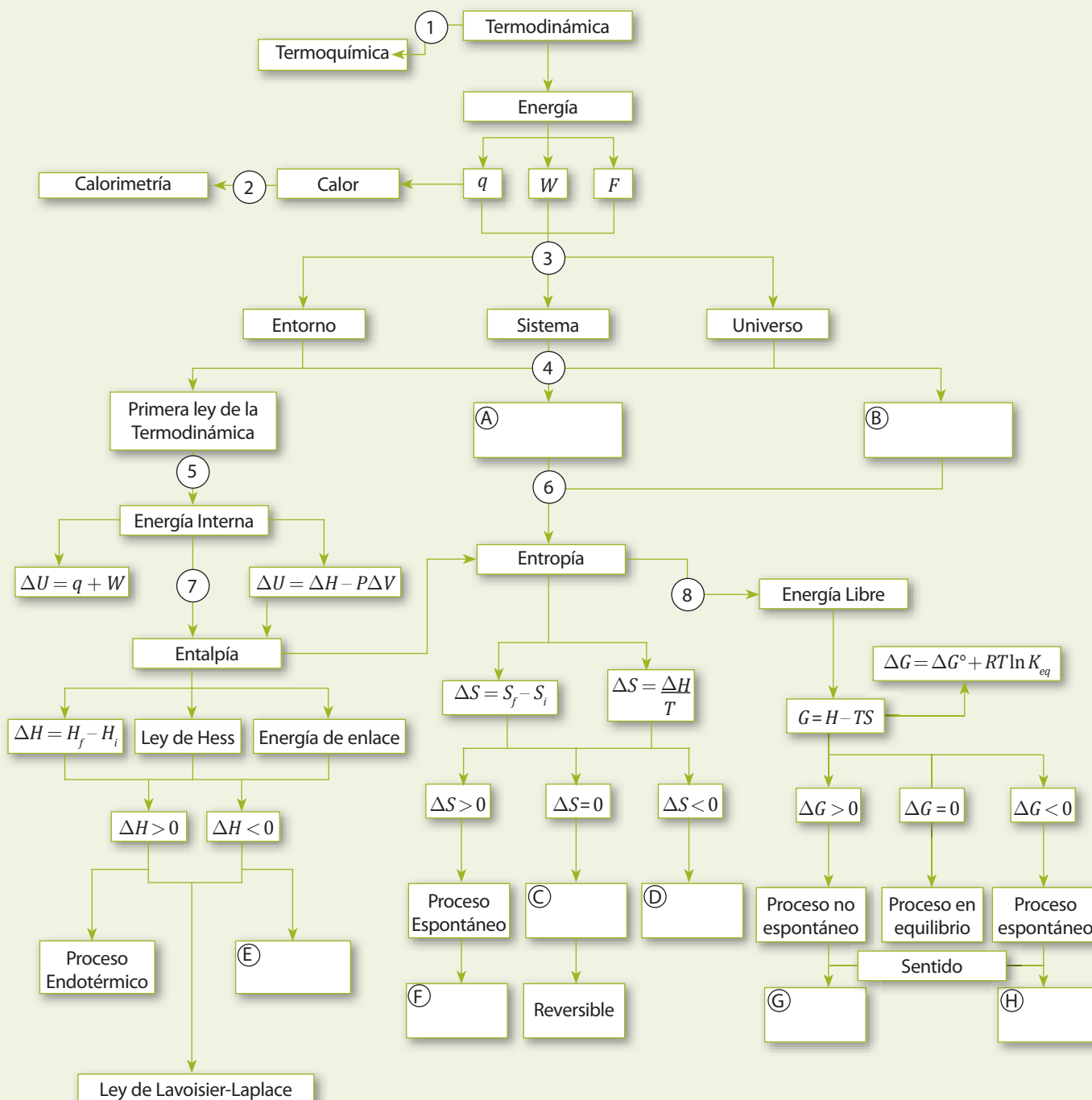
Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Identifico reacciones y procesos espontáneos y no espontáneos y puedo asociarlos con procesos que ocurren en la vida cotidiana.			
Soy honesto(a) en mi trabajo, con mis compañeros y compañeras y profesor o profesora.			
Conozco el significado de entropía y puedo aplicarlo a casos sencillos.			
Cuando trabajo en equipo, reconozco mis errores y trato de enmendarlos.			
Comprendo que las reacciones químicas pueden ocurrir en dirección inversa a las que están planteadas por condiciones específicas.			
Actúo responsablemente en el trabajo de equipo.			
Conozco el significado de energía libre y puedo aplicarlo a casos sencillos.			
Demuestro interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.			
Puedo identificar una reacción química como un proceso que tiende a una situación de equilibrio.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un L. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# Síntesis de la Unidad 1

En el siguiente esquema se presentan los conceptos claves estudiados en los temas 1 y 2. Te invitamos a que completes cada rectángulo en blanco desde la A, a la H y que elabores los conectores del 1 al 8.



## Camino a...

FECHA: / /

NOMBRE: .....

1. Cuando el sistema absorbe calor del ambiente y, además, se ha realizado trabajo sobre él, ¿cuál de los siguientes enunciados no es verdadero?
- a.  $Q < 0$                       d.  $\Delta U < 0$   
 b.  $W < 0$                       e. Ninguno de éstos  
 c.  $\Delta U > 0$
2. En una reacción química en la que se liberan 10 kJ de calor sin que el sistema realice trabajo sobre el entorno, calcula el cambio de energía interna del sistema y determina si el proceso es endotérmico o exotérmico.
- a. 10,0 kJ, exotérmica  
 b. 10,0 kJ, endotérmica  
 c. -10,0 kJ, exotérmica  
 d. -10,0 kJ, endotérmica  
 e. No existe cambio en la energía interna.
3. Utilizando la siguiente reacción termodinámica:
- $$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$
- $\Delta H = -2,598 \text{ kJ/mol}$   
 Calcula la cantidad de calor transferida a presión constante, cuando se combustonan 2,60 g de  $C_2H_{2(g)}$ .
- a. 126 kJ                      d.  $3,26 \cdot 10^3 \text{ kJ}$   
 b. 251 kJ                      e.  $6,53 \cdot 10^3 \text{ kJ}$   
 c. 502 kJ
4. Considera la reacción termodinámica de precipitación del cloruro de plomo (II):
- $$Pb_{(ac)}^{2+} + 2Cl_{(ac)}^- \rightarrow PbCl_{2(s)}$$
- $\Delta H = -22,53 \text{ kJ/mol}$   
 Calcula  $\Delta H$  cuando se disuelven 0,230 mol de  $PbCl_{2(s)}$  en agua.
- a. 5.18 kJ                      d. -22.5 kJ  
 b. -5.18 kJ                      e. 99,36 kJ  
 c. 22.5 kJ
5. La entropía de una sustancia depende de:
- I. La naturaleza química de la sustancia  
 II. El estado físico de la sustancia  
 III. La temperatura a la que se encuentre la sustancia
- a. Solo I                      d. I y II  
 b. Solo II                      e. I, II y III  
 c. Solo III
6. Si  $\Delta G_f^0$  de  $C_{(s)} = 0 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta G_f^0$  de  $O_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$  y  $\Delta G_f^0$  de  $CO_{(g)} = 137,2 \text{ kJ/mol}$ , el  $\Delta G^0$  para la siguiente reacción es:
- $$CO_{(g)} \rightarrow C_{(s)} + 1/2O_{2(g)}$$
- a. -137,2 kJ/mol  
 b. +137,2 kJ/mol  
 c. +68,6 kJ/mol  
 d. -68,6 kJ/mol  
 e. -274,4 kJ/mol
7. ¿En cuál o cuáles de los casos siguientes existe un aumento de la entropía?
- I. Un gas que escapa de un globo lleno.  
 II. Un trozo de grasa sometido al calor.  
 III. Se aumenta la presión de un gas.  
 IV. Sublimación del  $CO_2$  del hielo seco.
- a. I                              d. I y IV  
 b. II                             e. I, II, y IV  
 c. III
8. En el siguiente proceso:
- $$NH_{3(l)} \rightarrow NH_{3(g)} \quad \Delta H = +98,2 \text{ kcal/mol}$$
- es posible afirmar que
- I. se liberan 98,2 kilocalorías por mol.  
 II. se absorben 98,2 kilocalorías por mol.  
 III. se lleva a efecto un cambio químico.  
 IV. se produce una condensación.
- Es(son) correcta(s):
- a. Solo I                      d. Solo II y III  
 b. Solo II                      e. Solo I, III y IV  
 c. Solo I y IV
9. ¿Cuál de los siguientes conceptos –calor, trabajo, energía interna– es una variable de estado termodinámica?
- a. Calor  
 b. Trabajo  
 c. Entalpía y energía interna  
 d. Energía interna  
 e. Entalpía
10. Supón las reacciones hipotéticas siguientes:
- $$X \rightarrow Y \quad \Delta H = -90 \text{ KJ/MOL}$$
- $$X \rightarrow Z \quad \Delta H = -135 \text{ KJ/MOL}$$
- Utiliza la Ley de Hess para calcular el cambio de entalpía en la reacción  $Y \rightarrow Z$ .
- a. -225 kJ                      d. +45 kJ  
 b. +225 kJ                      e. -125 kJ  
 c. -45 kJ



# UNIDAD 2

## CINÉTICA Y EQUILIBRIO QUÍMICO



### Introducción

Hasta aquí, has aprendido respecto a la espontaneidad y a la energía que absorbe o libera una reacción química, pero eso no es todo. La velocidad con que ocurren las reacciones químicas, es muy importante al momento de seleccionar un determinado proceso en el sector industrial, doméstico o incluso bioquímico. ¿Te imaginas, por ejemplo, que los componentes del jugo gástrico actuaran tan lento sobre los nutrientes que consumimos y que el proceso de digestión demorara varios días?

El equilibrio químico y los mecanismos que se producen, configuran además parte esencial de la elección que se haga de una reacción química. Los factores cinética, equilibrio y mecanismos, son elementos fundamentales al momento de analizar la utilidad de una reacción en determinadas condiciones.

### Discutamos el tema

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Ocurrirán todas las reacciones químicas a la misma velocidad?
- ¿Consideras que es importante el estudio de la velocidad de las reacciones químicas, en áreas como la medicina y la industria química? Explica.
- ¿Crees que existan factores que puedan afectar la velocidad con que ocurre una reacción? ¿Cuáles?
- ¿Qué relación puedes establecer, entre cada una de las imágenes presentadas y tus ideas previas sobre la Cinética Química?



### *Al finalizar esta unidad serás capaz de:*

- Reconocer los fundamentos de la cinética química, para entender la formación y desaparición de los compuestos en diferentes reacciones químicas.
- Organizar, interpretar datos y formular explicaciones en el estudio de la velocidad de reacción.
- Explicar y reconocer los efectos que producen diferentes factores en la velocidad de las reacciones químicas.
- Describir la acción de los catalizadores en la velocidad de las reacciones químicas.
- Determinar e interpretar el valor de la constante de equilibrio en diversas reacciones químicas.
- Explicar el equilibrio químico en reacciones en las que intervienen catalizadores.
- Describir la conexión entre hipótesis, conceptos, procedimientos, datos recogidos, resultados y conclusiones de investigaciones clásicas o contemporáneas, considerando el problema y el conocimiento desarrollado en el momento de la investigación.
- Evaluar y debatir las implicancias biológicas, sociales, económicas, éticas y ambientales, en controversias que involucran ciencia y tecnología.

#### **¿Para qué?**

- Apreciar la importancia del estudio de la velocidad de reacción en diferentes procesos que ocurren en nuestro entorno y en procesos industriales, con el fin de acelerar o retardar las reacciones químicas en beneficio de la sociedad.
- Valorar el trabajo experimental, para la construcción del pensamiento científico y para explicar el mundo que nos rodea.
- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.



# TEMA 1

## Cinética Química

### En este tema estudiarás:

- Velocidad de reacción
- Factores que afectan la velocidad de reacción
- Acción de catalizadores e inhibidores
- Equilibrio químico
- Principio de Le Châtelier
- Mecanismos de reacción

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

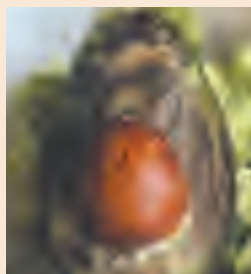
- Concepto de velocidad

### Y para comenzar...

La velocidad a la que ocurre una reacción es un factor muy importante en la industria, en nuestro organismo e, incluso, en nuestros hogares.

Recordemos algunos conceptos claves, que necesitamos para abordar este tema:

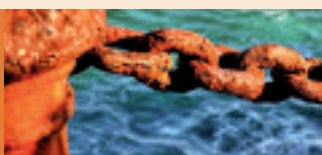
1. Recuerda, ¿En qué situaciones empleas el concepto “velocidad”?
2. Supongamos que sales de vacaciones con tu familia y te desplazas en automóvil desde el lugar que resides a otra ciudad, recorriendo un total de 454 km en 4 horas.
  - a. ¿A qué velocidad promedio se desplazó el automóvil?
  - b. ¿Cómo clasificas la velocidad del automóvil?, ¿rápida o lenta?
3. Aplica el concepto de velocidad a las situaciones que presentan las siguientes imágenes:



- a. ¿Son rápidas o lentas las reacciones observadas?
- b. ¿Cómo definirías “velocidad” aplicado a una reacción química?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
Recuerdas el concepto de velocidad.			
De las reacciones que ocurren en tu entorno, puedes identificar cuáles son rápidas y cuales lentas.			
En una primera instancia, puedes establecer una definición para la velocidad de una reacción química.			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador “Poco”, te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## ¡Qué veloz! ¡Qué lento!

### Estudiaremos

La velocidad de una reacción química.

### Introducción

La velocidad de una reacción es uno de los factores que permite determinar la utilidad de la misma. Desarrolla y aplica todas tus habilidades de investigación en la siguiente actividad.

### Paso 1: Exploración

¿Han disuelto alguna vez una pastilla efervescente, por ejemplo un antiácido, en agua o has visto a alguien hacerlo? Observa la situación que se muestra en la imagen inferior.



A partir de la observación de la imagen, desarrollen el Paso 2 del proceso elaborando las Preguntas de exploración y, en el Paso 3 Formulación de hipótesis.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 Enumeren tres vasos de precipitado, y agreguen a cada uno: 5, 10 y 15 mL de agua destilada, respectivamente.
- 2 Sobre el agua, agreguen a cada vaso 20, 15, y 10 mL de vinagre, respectivamente.
- 3 Con la ayuda de la varilla de agitación, homogeneíen las mezclas formadas en cada vaso.
- 4 Tomen tres pastillas efervescentes:
  - a. Para verificar que tengan la misma masa, determínenla con la ayuda de la balanza.
  - b. Agreguen sobre el vaso 1 la pastilla efervescente y registren el tiempo de reacción con el cronómetro.
- 5 Repitan el procedimiento número 4, con los vasos 2 y 3.

### Paso 5: Registro de observaciones

Recuerden registrar para cada experimento las variables, como volúmenes de cada disolución, concentración y tiempo de reacción.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

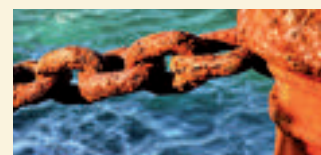
- Observar
- Formular hipótesis
- Organizar
- Analizar
- Interpretar
- Evaluar.

### Materiales

- 3 vasos de precipitado
- Pipetas
- Varilla de agitación
- Balanza
- Cronómetro

### Reactivos

- Agua destilada
- Pastillas efervescentes
- Vinagre blanco



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Recuerden trabajar con precaución evitando accidentes. Una vez terminada la actividad, depositen las disoluciones de los vasos de precipitado en los desagües. Ordenen todos los materiales empleados y dejen limpio el lugar de trabajo.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Ordenen los datos obtenidos en la actividad experimental en la siguiente tabla:

Vaso	V <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (mL)	V <sub>Vinagre</sub> (mL)	[Disolución]	Tiempo (s), de reacción de la pastilla
1				
2				
3				

**Paso 7: Análisis de datos**

En el análisis de datos es fundamental que observen críticamente los datos obtenidos durante la experimentación y no olviden contrastar la hipótesis experimental.

- 1 Según las observaciones realizadas, ¿qué es la velocidad de reacción?
- 2 ¿Qué observaciones les permitieron medir la velocidad de reacción?
- 3 Observando los datos recopilados y ordenados, analicen el papel de las diferentes disoluciones.
  - a. ¿Cuál es la importancia del agua en los experimentos?
  - b. ¿Qué variables en esta experiencia influyen en la velocidad de reacción? ¿Cómo?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

¿Qué pueden concluir respecto a la velocidad de las reacciones químicas? Para presentar sus resultados experimentales, elaboren un panel informativo, como el presentado en la Unidad 1.

**Paso 9: Evaluación del trabajo**

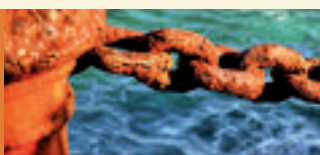
Evaluaremos los aprendizajes, así como las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo. Comenten junto con tus compañeros y compañeras los siguientes cuestionamientos:

- ¿Podemos elaborar una definición para velocidad de reacción?
- ¿Nos interesamos por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo?
- ¿La actividad planteada nos permite desarrollar habilidades de investigación?
- ¿Formulamos hipótesis empleando la creatividad y flexibilidad?
- ¿Comprendemos que la seriedad y la exhaustividad en el estudio de los antecedentes que proceden al inicio de un trabajo de investigación configuran uno de los pasos más relevantes en el desarrollo de una investigación?
- ¿Hemos sido honestos/as durante el trabajo desarrollado?



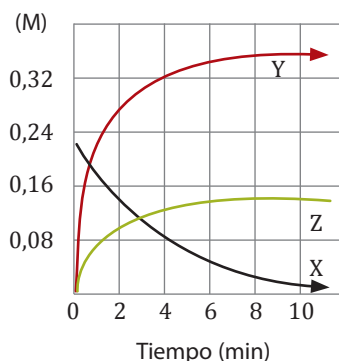
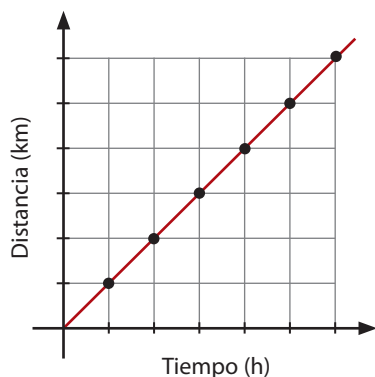
<http://www.rena.edu.ve/TerceraEtapa/Quimica/ReaccionesQuimicas.html>

podrás encontrar información sobre las reacciones químicas y su velocidad.



# 1. Velocidad de reacción

Observa atentamente los siguientes gráficos. El primero corresponde a la gráfica obtenida con los datos de un automóvil en desplazamiento a rapidez constante. El segundo, al gráfico elaborado a partir de los datos obtenidos en el transcurso de la reacción química  $X \rightarrow Y + Z$ , donde X corresponde al reactivo e Y, Z a los productos obtenidos.



- ¿Qué información te proporciona cada gráfico?
- ¿Qué variable representan?
- ¿Cómo definirías "velocidad" a partir del gráfico 1?
- A partir del gráfico 2, ¿qué es la velocidad de reacción?

La rapidez de un suceso se define como el cambio que ocurre en un intervalo de tiempo específico, así, cuando hablamos de la rapidez de un automóvil se define su posición inicial, su ubicación final y el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia.

Analógicamente, la rapidez se aplica a una reacción química (**Velocidad de reacción**) como el cambio de concentración de los reactivos o los productos por unidad de tiempo. Razón por la cual, las unidades de medida empleadas son  $M/s$  (molaridad/segundos)

## a. Velocidad en un proceso químico

La **cinética química** es la rama de la Química que estudia la velocidad de las reacciones químicas y sus mecanismos. Rama muy importante, pues gracias a ella es factible por ejemplo, predecir la velocidad con la que actuará un medicamento, analizar la destrucción de la capa de ozono e incluso determinar cada cuánto tiempo es necesaria la restauración de estatuas metálicas, que sufren los efectos de la contaminación y la lluvia ácida.

### SABÍAS QUE

Una de las aplicaciones de la cinética química, es en la industria alimentaria. Se utilizan procesos que permitan preservar las características de los alimentos por largos periodos de tiempo, aplicando sustancias químicas en ellos, por ejemplo, en la pasteurización, secado o ahumado de algunos alimentos.

Nosotros en nuestro hogar, guardamos los alimentos a bajas temperaturas (en el refrigerador), para retardar las reacciones de degradación, disminuyendo así, la velocidad de reacción de descomposición.



La velocidad de reacción ( $v$ ), se define, como el cambio en la concentración molar ( $M$ ) de un reactante o producto por unidad de tiempo en segundos ( $s$ ).

Analicemos en detalle la actividad de Ciencia en Acción “¡Qué veloz!, ¡Qué lento! que realizaron anteriormente. En ella se observó la reacción que ocurre entre una pastilla efervescente y vinagre:



Paso 1. Reactivos: tableta efervescente, vinagre y agua



Paso 2. La tableta comienza a reaccionar con el vinagre, generando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).



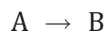
Paso 3. La reacción finaliza cuando la tableta efervescente desaparece completamente

El principio visual que guió el trabajo fue el tiempo que tardaba en desaparecer la tableta efervescente, comprobándose que a mayor concentración de los reactivos, mayor es la velocidad de la reacción. ¿Por qué sucede esto?

Cuando la concentración de reactivos es mayor, también es mayor la probabilidad de que se produzcan choques entre las moléculas de los reactivos, lo que genera la ruptura de los enlaces de los reactivos y permite la formación de los nuevos enlaces correspondientes a los productos. A medida que la reacción avanza, va disminuyendo la concentración de los reactivos y aumentando la de los productos (que se forman). Así, la velocidad de la reacción estará directamente asociada a:

- La cantidad de reactivo que “reacciona” en una unidad de tiempo, o
- la cantidad de producto que “se forma” en una unidad de tiempo.

Para ampliar este ejemplo a todas las reacciones químicas, utilizaremos la siguiente ecuación general:



Para este mecanismo, entenderemos que los reactivos representados por A deben colisionar efectivamente para que se obtengan los productos representados como B, y en la medida en que los A disminuyan, los B aumentarán.

En síntesis:

$$\text{Velocidad promedio} = \frac{\text{Variación de la concentración}}{\text{Tiempo transcurrido}}$$

Si nos situamos en el caso de los reactivos A, entenderemos que su concentración  $[A]$  disminuye en la medida en que el tiempo transcurre o varía ( $\Delta t$ ), lo que se representa por medio de un signo negativo. Así:

### RECUERDA QUE

En Física, la velocidad instantánea en cualquier momento se define como la velocidad promedio durante un intervalo de tiempo infinitamente corto.



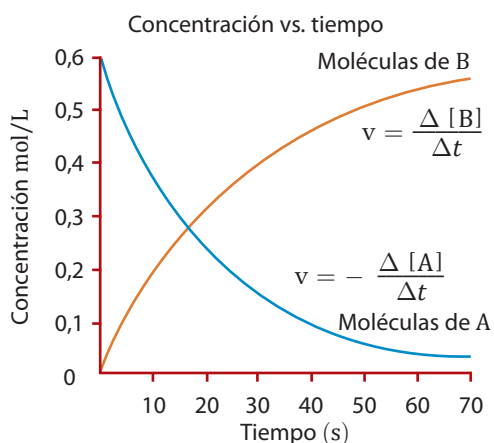


$$\text{Velocidad promedio} = - \frac{[A_2] - [A_1]}{t_2 - t_1} = - \frac{\Delta [A]}{\Delta t}$$

En cambio, si analizamos el caso de los productos, que aumentan su concentración [B] paulatinamente, lo que se representa por un signo positivo, se tendrá:

$$\text{Velocidad promedio} = \frac{[B_2] - [B_1]}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$$

La situación descrita se presenta en el diagrama inferior. Observa que la concentración de los reactivos, simbolizada por la línea azul, va en constante disminución en el tiempo; en cambio, la de color naranja, que representa a los productos, aumenta a medida que transcurre el tiempo.



Como se ha mencionado con anterioridad, la velocidad de reacción se determina experimentalmente gracias a lo cual es factible determinar velocidad promedio a diferentes intervalos de tiempo así como la velocidad global de la reacción. Sigue atentamente el siguiente ejemplo.

### EJERCICIO RESUELTO

La reacción representada por la expresión  $A \rightarrow B + C$  donde A es una disolución de concentración 0,10 M es sometida a prueba experimental, obteniéndose los siguientes datos experimentales:

Tiempo (s)	[A] mol/L
0	0,10
50	0,0905
100	0,0820
150	0,0742
200	0,0671
300	0,0549
400	0,0448
500	0,0368



**SABÍAS QUE**

El aumento de la temperatura corporal, hace que algunas reacciones enzimáticas en nuestro organismo se aceleren. Un claro ejemplo es la fiebre, que corresponde al aumento temporal en la temperatura del cuerpo, en respuesta a alguna enfermedad o padecimiento.



**Paso 1.** Para comprender el ejercicio propuesto, es necesario extraer los datos:

- El valor de la concentración del reactante y el tiempo, se encuentran en la tabla presentada anteriormente.

**Paso 2.** Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita.

$$v = - \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{\Delta_f - \Delta_i}{t_f - t_i}$$

**Paso 3.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

A partir de los datos experimentales es posible calcular la velocidad promedio. Apliquemos la expresión para los primeros 100 segundos transcurridos:

a. Intervalo 0 a 50 segundos.

$$v = - \frac{(0,0905 - 0,10)}{(50 - 0)} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

b. Intervalo 50 a 100 segundos.

$$v = - \frac{(0,0820 - 0,0905)}{(100 - 50)} = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

**Paso 4.** Repitiendo el mismo cálculo para los intervalos restantes se obtiene la velocidad media o promedio de reacción.

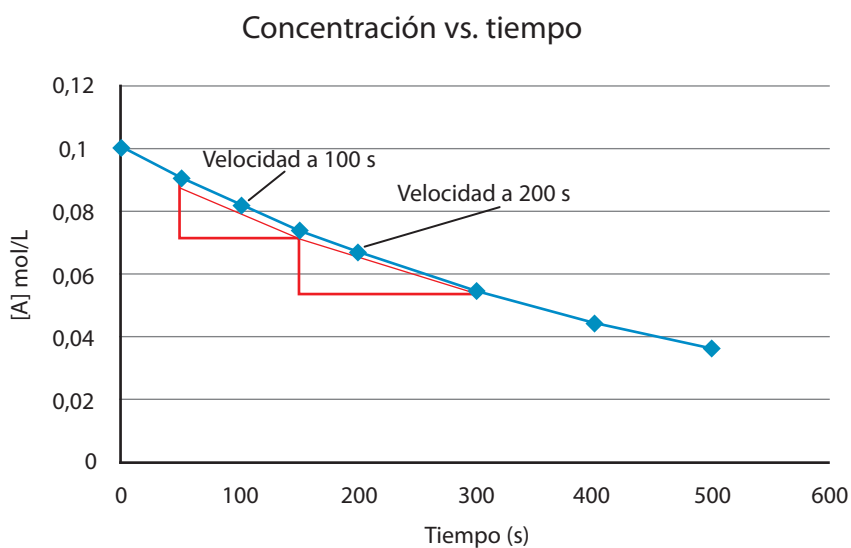
Tiempo, t (s)	[A] mol/L	Velocidad promedio (mol/L · s)
0	0,10	$1,9 \cdot 10^{-4}$
50	0,0905	$1,7 \cdot 10^{-4}$
100	0,0820	$1,6 \cdot 10^{-4}$
150	0,0742	$1,4 \cdot 10^{-4}$
200	0,0671	$1,22 \cdot 10^{-4}$
300	0,0549	$1,01 \cdot 10^{-4}$
400	0,0448	$0,80 \cdot 10^{-4}$
500	0,0368	$0,56 \cdot 10^{-4}$

**Paso 5.** Observa atentamente los valores obtenidos para cada intervalo. ¿Qué puedes decir de dichos valores? ¿Qué indica que la concentración del reactivo [A] en el primer intervalo sea mayor que el del segundo?

Ahora bien, la **velocidad instantánea** de una reacción química (velocidad en cualquier punto del tiempo) se puede determinar dibujando una tangente a la gráfica de concentración en función del tiempo, considerando que ésta (velocidad instantánea) es igual al valor de la pendiente de la gráfica.

Continuemos analizando el mismo ejemplo. Observa atentamente el gráfico que muestra la relación entre la concentración de A y el tiempo transcurrido.





Fijaremos como punto de interés para cálculo de velocidad instantánea la velocidad a  $t = 100$  s y a  $200$  s, ambas tangentes están presentes en el gráfico. De él se obtiene:

- a. Velocidad instantánea a  $t = 100$  s.

$$v = - \frac{(0,0742 - 0,0905)}{(150 - 50)} = 1,63 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

- b. Velocidad instantánea a  $t = 200$  s.

$$v = - \frac{(0,0549 - 0,0742)}{(300 - 150)} = 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

Podrás observar que el valor es prácticamente idéntico y si fijas tu punto de interés en otro lugar de la gráfica deberías obtener el mismo valor, por ello, se reconoce la velocidad instantánea, simplemente como Velocidad de Reacción.

Es importante estudiar cinética química ya que tiene muchas aplicaciones, como por ejemplo, para optimizar procesos en manufactura química, en reacciones analíticas, en síntesis en química orgánica; también para hacer estable productos comerciales, alimentos, productos farmacéuticos, etc.



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Identificar
- Reconocer
- Observar
- Calcular
- Inferir

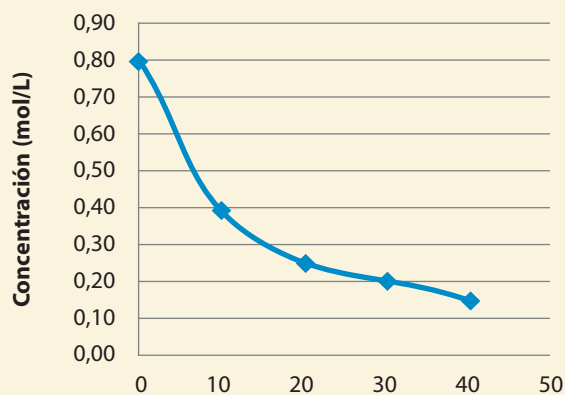
1 Responde las siguientes preguntas:

- a. ¿Cómo podrías definir velocidad de una reacción química, cuáles sus unidades de medida?
- b. ¿Cuál es la diferencia entre la velocidad promedio y la velocidad instantánea?
- c. Nombra tres ejemplos de reacciones rápidas y tres ejemplos de reacciones lentas, que ocurran en tu entorno.

2 Para la siguiente reacción:  $A + 3B \rightarrow 2C + D$  calcula la velocidad de reacción promedio, si en un instante de la reacción, la  $[A]$  es 0,9882 y a 782 segundos más tarde, la  $[A]$  es 0,9755.

3 El siguiente gráfico, se obtuvo a partir del seguimiento experimental de la reacción  $A \rightarrow B$

Concentración vs. tiempo



a. Observa el gráfico y completa la siguiente tabla de datos:

Tiempo (s)	$[A]$ mol/L
0	
10	
20	
30	
40	

b. ¿Cuál es la velocidad de la reacción en los intervalos de tiempo: 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30 y 30 – 40 segundos? ¿Qué se puede concluir a partir de los datos de velocidad obtenidos?

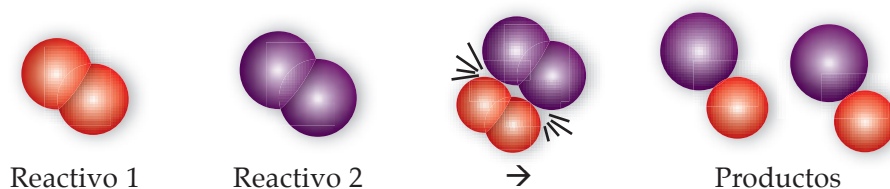
c. Calcula la velocidad instantánea a  $t = 10$  segundos y  $t = 30$  segundos.



## b. Naturaleza química y física de los reactantes

En la actividad experimental con la que abrimos el presente tema, observaste cómo las diferentes condiciones de concentración de reactantes, provocan cambios en la velocidad de la reacción de formación de los productos, haciéndola bajo ciertas condiciones, muy lenta en unos casos y en otras muy rápida. Comenta junto a tus compañeros *¿Qué crees que provoca este cambio? ¿Es ese, el único factor que provoca un cambio en la velocidad de la reacción?*

Si en una reacción química los reactantes (sustancias iniciales) forman productos (sustancias finales), *¿qué debe ocurrir a los reactantes para que se produzca el cambio?* Para explicarlo observa atentamente el siguiente esquema e interprétalo.



### b.1. Modelo de Colisiones

Teoría, desarrollada por Lewis y otros químicos en la década de 1920, explica claramente y a nivel molecular cómo y por qué transcurre una reacción química, y más aún, por qué el aumento de la concentración y otros factores que estudiaremos en detalle en páginas siguientes, como la temperatura, el estado de disgregación e incluso la presión para las especies gaseosas, afectan la velocidad de la reacción, al aumentar la energía cinética y la probabilidad de choques efectivos entre las moléculas.

¡Sí! “Choques efectivos”, pues no basta una simple colisión entre moléculas para que ocurra la reacción y al respecto el modelo señala en síntesis, que mientras más grande sea el número de colisiones efectivas que ocurran por segundo, mayor será la velocidad de reacción. Número de colisiones que se ve afectada por ejemplo, por el aumento de la concentración de reactivos, la energía cinética con la que se mueven las moléculas, la que a su vez, se ve afectada por la temperatura del sistema.

De hecho, una pequeña porción de colisiones son efectivas, es decir, hacen posible la reacción. Uno de los ejemplos más comunes corresponde a la reacción de formación del yoduro de hidrógeno o ácido yodhídrico (HI), que se expresa a continuación:



Puedes observar que al chocar las moléculas de hidrógeno molecular ( $\text{H}_2$ ) y el yodo molecular ( $\text{I}_2$ ), es necesario que se rompan las uniones H-H e I-I respectivamente, para que se forme la unión H-I. Ese rompimiento será factible solo si  $\text{H}_2$  y  $\text{I}_2$  colisionan, como indica en sus principios básicos la **teoría de las colisiones**.

#### RECUERDA QUE

La energía cinética ( $E_c$ ) es la energía disponible como consecuencia del movimiento de un objeto y depende de la masa y de la rapidez.

$$\text{Se expresa: } E_c = \frac{1}{2} mv^2$$





### El modelo de las colisiones, señala:

1. Las moléculas de los reactantes deben tener energía suficiente para que pueda ocurrir el rompimiento de enlaces, un reordenamiento de los átomos y luego la formación de los productos; de lo contrario, las moléculas colisionan pero rebotan unas con otras, sin formar los productos.
2. Los choques entre las moléculas deben efectuarse con la debida orientación en los reactantes.

En síntesis, existen dos factores fundamentales para que ocurran los choques efectivos que darán origen a una nueva sustancia: la orientación de las moléculas y la **energía de activación**. Este último lo abordaremos en la sesión "Perfil de una reacción".

La **orientación de las moléculas** hace referencia al modo en el que chocaran las especies participantes para generar un choque elástico no efectivo o un choque efectivo. ¿La diferencia?, en el primero las moléculas chocan pero no se rompen enlaces; en el segundo, en cambio, las moléculas chocan tan fuertemente que se rompen los enlaces, lo que permite la formación de nuevas sustancias. Observa atentamente la imagen inferior que explica la diferencia entre una colisión efectiva y una no efectiva.

(a) Colisión efectiva



(b) Colisión no efectiva



<http://www.100ciaquimica.net/temas/tema6/punto5b.htm>  
podrás encontrar información sobre la teoría de las colisiones.



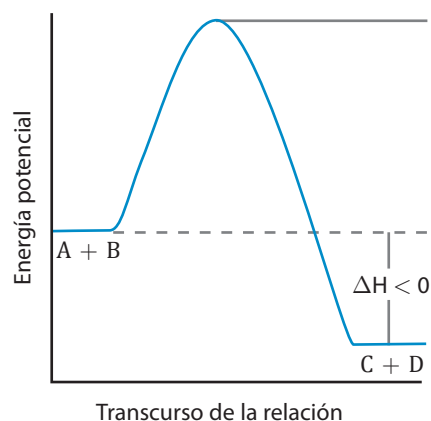
Hacer consciente tu proceso de aprendizaje te permitirá evaluar cuánto has avanzado en la aventura de aprender.  
¿Cómo va tu proceso de aprendizaje?, ¿comprendes la importancia del estudio, de la velocidad de las reacciones químicas?, ¿puedes relacionar los conceptos aprendidos con otras áreas de estudio?



### c. Perfil de una reacción

Los perfiles de reacción química corresponden a un diagrama que permiten comprender fácilmente el desarrollo de una reacción química, pues describe cómo se comporta la energía en una reacción.

Observa atentamente el siguiente esquema que representa la reacción  $A + B \rightarrow C + D$



- ¿Qué información puedes obtener de él?
- ¿Cómo es la energía de los reactivos respecto a la de los productos?
- ¿Es una reacción exotérmica o endotérmica?
- ¿Qué crees que significa la parte más alta de la curva?

#### c.1. Energía de activación

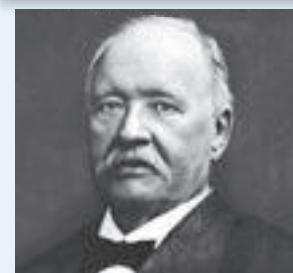
Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Qué debe suceder para que el volcán se eleve?
- ¿Cómo debe ser la energía del viento?
- ¿Qué sucede si la energía del viento es menor a la necesaria?
- ¿Qué analogía puedes hacer respecto a una reacción química?

**Svante Arrhenius** sugirió en 1888 que las moléculas deben poseer cierta cantidad mínima de energía para reaccionar, similar a lo que sucede con el volcán y el viento, y tal como lo señala el modelo de las colisiones, pues si esta energía no es suficiente, no se producen choques efectivos y por ende no hay reacción.

### MÁS QUE QUÍMICA



**Svante August Arrhenius**  
(1859-1927)

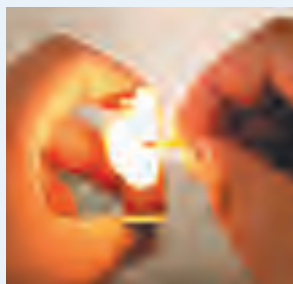
Científico sueco galardonado con el Premio Nobel de Química en 1903 por su contribución al desarrollo de la química con sus experimentos en el campo de la disociación electrolítica. Además, recibió la primera medalla Willard Gibbs en 1911 y la Medalla de Faraday en 1914 por sus innumerables estudios y aportes a la ciencia. En 1889 descubrió que la velocidad de las reacciones químicas aumenta con la temperatura en una relación proporcional a la concentración de moléculas existentes, a partir de lo cual formula la relación matemática que hoy lleva su apellido.



## MÁS QUE QUÍMICA

Si la energía ( $E_a$ ) de activación no es suficiente, no habrá reacción. Por ejemplo, un fósforo no se enciende espontáneamente, necesita ser raspado contra un material abrasivo, de modo que se produzca la chispa, que se espera sea suficiente para dar inicio a la combustión.

¿Qué otro ejemplo puedes proponer?

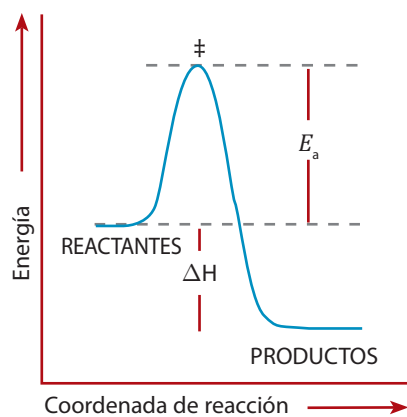


La **energía de activación** ( $E_a$ ) corresponde a la mínima energía necesaria para que se inicie una reacción química. Por lo tanto, para que los choques entre las moléculas sean efectivos y produzcan una nueva sustancia, dichas moléculas deben poseer una energía cinética mayor o igual que la energía de activación.

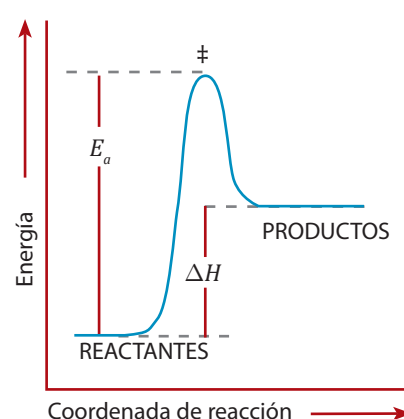
Además, sabemos que una reacción química es consecuencia de la reorganización de los átomos de los reactivos para dar lugar a los productos (ruptura y formación de enlaces). Este proceso no necesariamente se lleva a cabo directamente, sino a través de una asociación transitoria de las moléculas o **estado intermedio** entre los reactantes y los productos, formado por átomos, moléculas o iones, que se caracteriza por no ser aislable, de muy corta vida y de altísima energía, denominado **complejo activado** ( $\ddagger$ ). A partir de esto, otra forma de definir energía de activación es: "la energía necesaria para que los reactivos formen el complejo activado".

Observa atentamente los siguientes perfiles de reacción. Comenta con tus compañeros, ¿Qué información te proporciona cada uno de ellos?, ¿cuál de las reacciones tiene la energía de activación más alta y cuál es la más baja?, ¿cuál se las reacciones es la más rápida y cuál la más lenta?, ¿por qué?

Perfil de reacción A



Perfil de reacción B



- En el diagrama observamos una reacción exotérmica ( $\Delta H < 0$ ), lo que significa que los productos de la reacción son energéticamente más estables que los reactantes.
- En el diagrama anterior observamos una reacción endotérmica ( $\Delta H > 0$ ), es decir, los productos de la reacción son energéticamente menos estables que los reactantes.

Se puede observar que en el diagrama (B) la  $E_a$  es mucho mayor que la del diagrama (A), por ende la reacción endotérmica será muchos más lenta que la exotérmica.



<http://www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/enzymes/transition%20state.swf>

podrás observar en un perfil de reacción, la energía de activación.



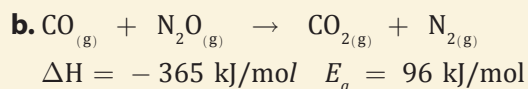
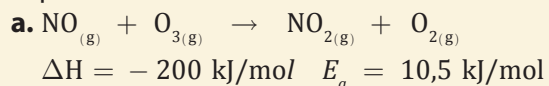
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

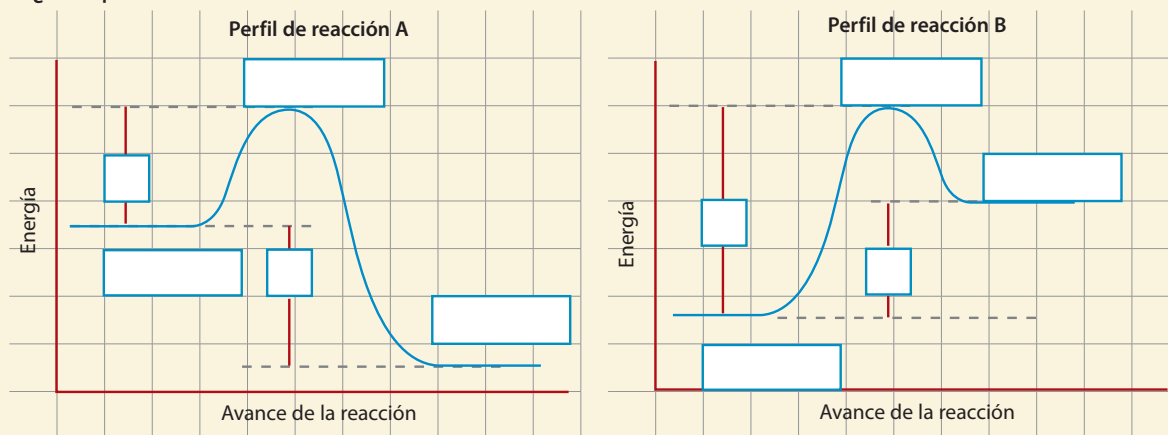
- Definir
- Observar
- Identificar
- Aplicar

1 Define y asocia los siguientes conceptos en un texto de no más de siete líneas de extensión: energía de activación, complejo activado y perfil de reacción.

2 Para las siguientes reacciones, elabora el perfil de reacción y explícalo brevemente.



3 Observa los siguientes perfiles de reacción. En cada uno, completa los recuadros dispuestos y luego indica: ¿qué tipo de reacción representan (exo o endotérmica)? ¿Cuál de las dos es más rápida? ¿Por qué?



4 Te invitamos a que evalúes tu nivel de aprendizaje logrado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Comprendo que es la velocidad de reacción, e identifico en mi entorno reacciones rápidas y lentas?			
¿Comprendo los principios básicos de la teoría de las colisiones?			
¿Puedo interpretar un perfil de reacción?			
¿Conozco el concepto de energía de activación?			
¿Identifico el concepto de complejo activado?			
¿Observo la química como una herramienta valiosa para comprender los procesos que ocurren en la naturaleza?			



## c.2. Tipos de reacciones

Una vez iniciada una reacción química, esta puede evolucionar de dos maneras distintas. La primera, que hasta aquí hemos observado, es que la reacción siga su curso hasta que el o los reactivos se agoten, proceso conocido como **reacciones irreversibles**, o bien llegar hasta un punto en el que aparentemente la reacción se detiene aunque aún haya reactivos. Estas reacciones son conocidas como **reacciones reversibles**. Estudiémoslas detenidamente.

### c.2.1. Reacciones Irreversibles

En este tipo de reacciones, los reactivos se consumen completamente para transformarse en productos de características y composición diferente a los reactivos iniciales. Algunos ejemplos de reacciones irreversibles son:

- La reacción de una tableta efervescente con agua transcurre hasta que la tableta desaparece del medio, liberando como uno de los productos finales un gas dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) al ambiente (reacción A)

**Reacción A**



- La reacción entre el ácido clorhídrico o cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ) y el cinc ( $\text{Zn}$ ) donde se produce la disolución del cinc en medio del ácido para generar como productos un gas ( $\text{H}_2$ ) y cloruro de cinc una sal ( $\text{ZnCl}_2$ ) (reacción B)

**Reacción B**



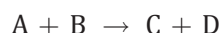
- La reacción de combustión de la madera finaliza cuando el trozo de madera desaparece completamente, para generar cenizas y gases como productos de la reacción (reacción C)

**Reacción C**



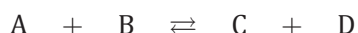


Los ejemplos presentados en las imágenes anteriores muestran que las reacciones irreversibles ocurren en un solo sentido, hacia la formación de productos, lo que se simboliza en general por el mecanismo siguiente, en el que aparece una sola flecha que apunta hacia los productos:



### c.2.2. Reacciones Reversibles

A diferencia de las reacciones irreversibles, en este tipo de reacciones la transformación de reactantes en productos es parcial, pudiendo los productos volver a generar los reactantes. Por ende, una reacción reversible ocurre en ambos sentidos; es decir, la velocidad de reacción neta es la diferencia entre la velocidad directa y la indirecta. Para representar un proceso reversible, en las ecuaciones se dispone de dos flechas, una que apunta a los reactantes, y otra que apunta a los productos, como muestra el siguiente mecanismo general:



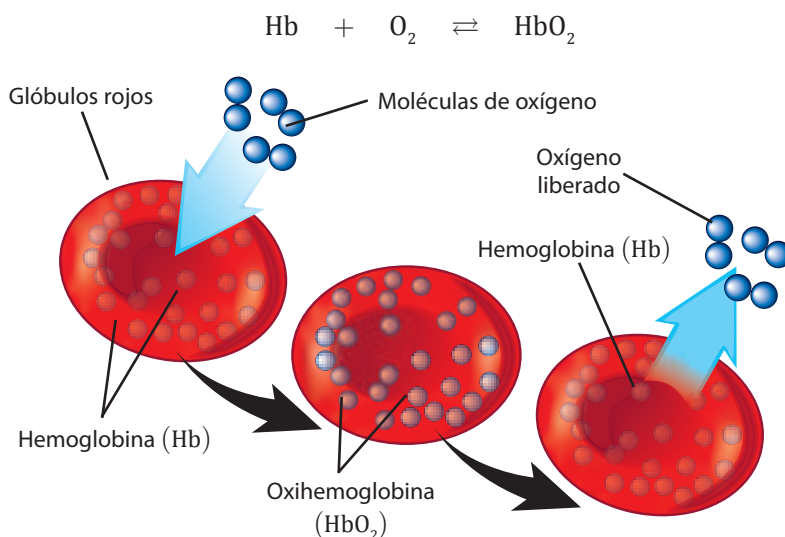
Un ejemplo de reacción reversible es la reacción entre los gases hidrógeno ( $H_2$ ) y nitrógeno ( $N_2$ ) para producir amoníaco ( $NH_3$ ). Parte del amoníaco generado descompone, regenerando las sustancias iniciales, hidrógeno y nitrógeno. La ecuación química que representa este proceso es:



Un sinnúmero de ejemplos se pueden encontrar a nuestro alrededor, incluso en nuestro organismo.

De hecho, el oxígeno ( $O_2$ ) que inhalamos durante la respiración, reacciona con la hemoglobina (Hb) presente en nuestra sangre para formar la oxihemoglobina ( $HbO_2$ ); esta viaja hacia diferentes tejidos para entregar el oxígeno que se va utilizando por las células para diversos procesos metabólicos. Así, la oxihemoglobina vuelve a ser hemoglobina.

Lo anterior se representa en la imagen inferior y en la ecuación siguiente:



### d. La ley de la velocidad

La ley de velocidad se define en función de la concentración, de cada una de las sustancias que influyen en ella, es decir, reactivos y productos. Es de vital importancia en la industria química, pues su aplicación permite determinar el o los usos que tendrá determinado sistema químico; así también en el propio cuerpo humano. Comprender cómo afecta la concentración de las sustancias participantes en la reacción, hace posible comprender fenómenos de vital importancia, como por ejemplo, la formación de la oxihemoglobina y el efecto de sustancias nocivas como el dióxido de carbono (proveniente del consumo de tabaco) en su formación.

Las actividades desarrolladas hasta aquí nos muestran que la velocidad de una reacción dependerá directa y proporcionalmente de las concentraciones de los reactantes, hecho que se conoce como **ley de velocidad**.

Por ende, esta ley se define como la expresión de la velocidad de reacción en función de la concentración de cada una de las sustancias que influyen en ella, reactivos y productos. Se debe determinar experimentalmente.

Como vimos anteriormente, cuando la reacción responde a la expresión  $A \rightarrow B$ , las expresiones de velocidad serán las siguientes, conocida como “**ecuación de velocidad**”:

$$v = - \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$$

Lo anterior, es considerando que la estequiometría de la reacción exige que la velocidad de desaparición de A sea igual a la velocidad de aparición de B. Así el estudio de la reacción y el efecto de la concentración en la velocidad de reacción, consisten en establecer cómo depende la velocidad al comienzo (velocidad inicial) de las concentraciones iniciales. Así cuando A se duplica, la formación de B también lo hace, y así sucesivamente.

Para la reacción general  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ , la expresión de velocidad instantánea en función de los reactantes y de los productos será:

$$v = - \frac{1}{a} \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = - \frac{1}{b} \frac{\Delta [B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \frac{\Delta [C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \frac{\Delta [D]}{\Delta t}$$

Expresión que se resume como la siguiente ecuación de velocidad, en función de los reactantes:

$$v = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n$$

#### MÁS QUE QUÍMICA

Para una reacción  $aA \rightarrow bB$  la disminución de los reactantes, corresponde a:

$$v = - \frac{1}{a} \cdot \frac{\Delta [A]}{\Delta t},$$

y la formación de productos, corresponde a:

$$v = \frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$$

El signo negativo en la expresión para los reactantes, indica que las sustancias desaparecen o se consumen a medida que transcurre el tiempo.



Donde:

$k$ , corresponde a la constante de velocidad, que cambia por efecto de la temperatura.

$[A]$  y  $[B]$ , corresponde a las concentraciones molares de los reactivos.

$m$  y  $n$ , son los exponentes (generalmente números enteros pequeños, pero también pueden ser números negativos, fracciones o ceros). Estos, indican la relación que existe entre las concentraciones de los reactivos A y B con la constante de velocidad de la reacción. La sumatoria de ambos exponentes ( $m$  y  $n$ ), entrega el **orden de reacción global**, que se define como la suma de los exponentes a los que se elevan todas las concentraciones de reactivos que aparecen en la ley de velocidad.

Por ejemplo, para las ecuaciones químicas que se presentan a continuación, sus ecuaciones de velocidad respectivas serán:

Reacción química	Ecuación de velocidad
$2\text{N}_2\text{O}_{5(g)} \rightarrow 4\text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$	$v = k \cdot [\text{N}_2\text{O}_5]$
$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HI}_{(g)}$	$v = k \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]$
$2\text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]$



<http://www.educ.ar/educar/reacciones-reversibles-e-irreversibles.html>

podrás descargar un texto que te permitirá completar tus conocimientos sobre las reacciones reversibles e irreversibles.

### d.1. Orden de una reacción

Observa los ejemplos de ecuaciones de velocidad, propuestos anteriormente:

- ¿En las ecuaciones de velocidad, qué puedes deducir respecto a los exponentes ( $m$  y  $n$ )?
- ¿Son equivalentes dichos exponentes a los índices estequiométricos de la ecuación química?
- Si el orden de reacción global se obtiene sumando los exponentes a los que se elevan todas las concentraciones de reactivos, ¿cuál sería el orden de reacción global de cada uno de los ejemplos propuestos?

Los órdenes de reacciones parciales correspondientes a  $m$  respecto al reactivo A y  $n$  respecto al reactivo B; corresponden a datos experimentales, mientras que el orden global de la reacción se determina sumando ambos exponentes ( $m$  y  $n$ )

Observa atentamente el siguiente ejemplo, que te permitirá descubrir cómo se determina el orden de una reacción:  $A + B \rightarrow \text{productos}$

### SABÍAS QUE

El orden de las reacciones químicas es de mucha importancia. Por ejemplo, las reacciones de primer orden describen las velocidades a las que muchos fármacos entran en el torrente sanguíneo y son empleados por el organismo.



## EJERCICIO RESUELTO

En el laboratorio, un grupo de estudiantes definió los siguientes valores de [A] y [B] y la velocidad de la reacción, modificando las concentraciones de cada reactivo, según muestra la tabla 7.

Tabla 7  
Datos de velocidad para la reacción A y B

Experimento	[A] mol/L	[B] mol/L	v (mol/L · s)
1	1,0	1,0	0,15
2	2,0	1,0	0,30
3	3,0	1,0	0,45
4	1,0	2,0	0,15
5	1,0	3,0	0,15

**Paso 1.** Observando la ecuación química  $A + B \rightarrow$  productos, los estudiantes concluyen que la ley de velocidad para la reacción es:  $v = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n$ , siendo para cada experimento las siguientes velocidades:

$$v_1 = k_1 \cdot [A_1]^m \cdot [B_1]^n$$

$$v_2 = k_2 \cdot [A_2]^m \cdot [B_2]^n$$

$$v_3 = k_3 \cdot [A_3]^m \cdot [B_3]^n$$

**Paso 2.** Gracias a los datos experimentales, conocemos los valores de A y B en diferentes momentos de la reacción, pero ¿cuáles son los valores de m y n?

**Paso 3.** Para determinar el valor del orden de la reacción, se recomienda buscar expresiones para las cuales sea posible aplicar propiedades de las potencias, considerando la misma base. Así, por ejemplo, para definir el valor de m será prudente buscar un experimento en el cual las concentraciones de B (que dependen de n) sean iguales, puesto que la velocidad de reacción depende de ambos reactantes, de manera que es posible dividir dos velocidades manteniendo una de las especies con concentración constante, de la forma:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_1 \cdot [A_1]^m \cdot [B_1]^n}{k_2 \cdot [A_2]^m \cdot [B_2]^n}$$

**Paso 4.** Al remplazar en la expresión con los valores experimentales, se obtiene:

$$\frac{0,15}{0,30} = \frac{k_1 \cdot (1)^m \cdot (1)^n}{k_2 \cdot (2)^m \cdot (1)^n}$$

Observa atentamente la expresión obtenida matemáticamente.

¿Cómo se debe proceder? Analízala por partes y luego obtén una expresión simplificada.

- ¿Cómo se procede con la fracción  $\frac{0,15}{0,30}$ ? ¿Es posible simplificarla? ¿Qué valor se obtiene?
- ¿Qué sucede con los valores k y [B]?



- c. ¿Recuerdas con qué finalidad se interviene matemáticamente la expresión? ¡Muy bien!, necesitamos determinar los valores de  $n$  y  $m$ .
- d. Finalmente, ¿cuál es el valor de  $m$ ? y ¿cuál es su significado?

Concluimos que al simplificar por 0,15, la expresión  $\frac{0,15}{0,30}$  corresponde a  $\frac{1}{2}$ .

Por otra parte, como los valores de  $k_1, k_2, [B_1], [B_2]$  son idénticos, la expresión global se reduce a:  $\frac{1}{2} = \frac{(1)^m}{(2)^m}$  en la que  $m$  debe tener valor igual a 1 para que se cumpla la igualdad. Así la reacción es de orden 1 respecto al reactivo A.

**Paso 5.** Para determinar el valor de  $n$ , realizaremos el mismo procedimiento.

En los experimentos 1 y 4, la concentración del reactivo A permanece constante, por ende:

$$\frac{v_1}{v_4} = \frac{k_1 \cdot [A_1]^m \cdot [B_1]^n}{k_4 \cdot [A_4]^m \cdot [B_4]^n}$$

al remplazar los datos, se obtiene:

$$\frac{0,15}{0,15} = \frac{k_1 \cdot (1)^m \cdot (1)^n}{k_4 \cdot (1)^m \cdot (2)^n}$$

donde es posible simplificar  $k_1, k_2, [A_1], [A_2]$ , para obtener:

$$1 = \frac{(1)^m}{(2)^m}$$

que es idéntica a la siguiente expresión, considerando las propiedades de las potencias:

$$1 = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

¿Qué valor debe tener  $n$  para que se cumpla la igualdad? Según las propiedades de las potencias, "toda base elevada a exponente cero será igual a 1", por ende,  $n$  vale cero, es decir, el orden de la reacción para B es cero.

Finalmente, el orden global de la reacción es 1, puesto que, como se mencionó anteriormente, corresponde a la suma de los órdenes de reacción parciales, en este caso  $m = 1$  y  $n = 0$ .

### SABÍAS QUE

Las reacciones químicas nucleares que intervienen en la datación de objetos arqueológicos corresponden a reacciones de orden 1.





### SABÍAS QUE

La pasteurización es un proceso que sigue la cinética química de primer orden. Corresponde al calentamiento de líquidos, que generalmente son alimentos, con el fin de reducir los elementos patógenos, tales como bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc. Uno de los objetivos de este proceso, es la esterilización parcial de líquidos que son alimentos, alterando lo menos posible la estructura física y los componentes químicos de éstos. Un ejemplo es la pasteurización de la leche.



Por lo tanto en las **reacciones de primer orden**, la suma de los exponentes  $m$  y  $n$  tiene que ser igual a 1, donde un único reactivo se descompone en productos ( $A \rightarrow \text{productos}$ ).

La velocidad de reacción depende de la concentración del reactante. Si la concentración de A se duplica, la velocidad también lo hará, y al contrario, si la concentración de A disminuye a la mitad, la velocidad también disminuirá.

La ecuación de velocidad para esta reacción será:  $v = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$  y a partir de la ley de velocidad tenemos:  $v = k \cdot [A]$

Gracias a la operación matemática denominada integración, es posible obtener la ecuación de la forma:

$$\ln [A]_t = -kt + \ln [A]_0$$

Donde  $\ln$  es el logaritmo natural

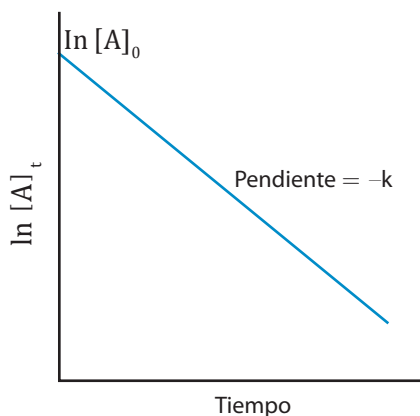
$[A]_0$  es la concentración inicial

$[A]_t$  es la concentración en el tiempo  $t$

Podrás observar además que la expresión obtenida es equivalente a la ecuación de la recta ( $y = mx + b$ ), como se muestra a continuación:

$$\begin{array}{ccccccc} \ln [A]_t & = & -k & t & + & \ln [A]_0 & \\ \downarrow & & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \\ y & = & m & x & + & b & \end{array}$$

Al graficar  $\ln [A]_t$  en función del tiempo (t) arroja una línea recta con una pendiente ( $m = -k$ ) que corresponde a una reacción de primer orden, como se observa a continuación:



Las **reacciones de segundo orden**, la suma de los exponentes  $m$  y  $n$  tiene que ser igual a 2.



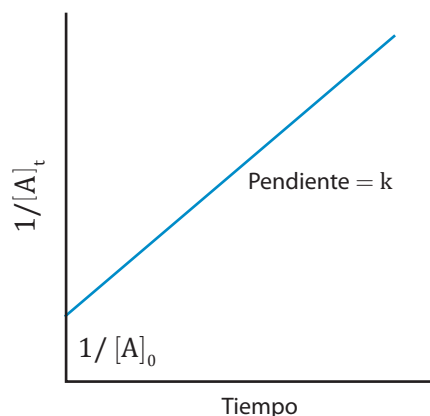
Al igual que las reacciones de primer orden, la velocidad de reacción depende de la concentración del reactivo. Si  $A = 2$ , la velocidad aumenta a 4, si  $A = 3$ , la velocidad será 9, así sucesivamente.

La ecuación de velocidad para esta reacción será:  $v = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$  y a partir de la ley de velocidad tenemos:  $v = k \cdot [A]^2$

Gracias a la operación matemática denominada integración, es posible obtener la ecuación de la forma:

$$\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$$

Expresión que también es concordante con la ecuación de la recta ( $y = mx + b$ ). En este caso, la gráfica  $1/[A]_t$  en función del tiempo (t) dará una línea recta, con una pendiente equivalente a  $k$ , y la ordenada en el origen es  $1/[A]_0$ , característica de una ecuación de segundo orden, como se muestra a continuación:



En general se establece que la expresión representativa para los órdenes de reacción más comunes para reactivos distintos, representados por A, B y C, se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 8**  
**Tipos de cinéticas de reacción**

Tipo de reacción	Expresión de la ley de velocidad	Orden de la reacción	Observación
A → Producto	$v = k$	0	Un cambio en la concentración del reactivo no afecta la velocidad de la reacción.
B → Producto	$v = k [B]$	1	Velocidad de la reacción depende de la concentración de los reactivos elevada a la primera potencia.
C → Producto	$v = k [C]^2$	2	Velocidad de la reacción depende de la concentración de un reactivo elevada a la segunda potencia.



## DESAFÍO

### Habilidades por desarrollar:

- Inferir
- Formular
- Determinar
- Calcular

**1** Para la reacción en fase gaseosa  $2A + B \rightarrow 3C$ , cuyo orden de reacción es 2 respecto de A y de orden 1 respecto de B, haz lo siguiente:

- a. Formula la expresión para la ecuación de velocidad.
- b. Explica cómo afecta a la velocidad de reacción un aumento de la temperatura a volumen constante.
- c. ¿Cuál es el orden global de la reacción?

**2** La reacción  $2X + Y \rightarrow X_2Y$  tiene órdenes de reacción 2 y 1 respecto a los reactivos X e Y, respectivamente.

- a. ¿Cuál es el orden global de la reacción?
- b. Escribe la ecuación de velocidad del proceso.

**3** Suponiendo que para cierta reacción  $m = 1$  y  $n = 2$ , cuya ley de velocidad para la reacción es  $v = k \cdot [A] \cdot [B]^2$ , presenta el siguiente comportamiento experimental:

[A] mol/L	[B] mol/L	Velocidad
1,0	1,0	1,0
1,0	2,0	2,0

- a. Observando la tabla y la ley de velocidad para la reacción, ¿en cuánto se incrementará la velocidad de la reacción si [A] permanece constante y [B] aumenta de 1,0 a 2,0 (mol/L)?
- b. ¿Cuál es el orden de la reacción con respecto a A? y ¿cuál respecto a b?
- c. ¿Cuál es el orden global de la reacción?

**4** Se ha observado la ecuación química  $A + 2B \rightarrow C$ . Determina:

- a. La expresión de la ley de velocidad
- b. Los valores de m y n a partir de los siguientes datos:

Experimento	[A] mol/L	[B] mol/L	v (mol/L · s)
1	1,0	1,0	0,10
2	2,0	1,0	0,20
3	4,0	1,0	0,20
4	1,0	2,0	0,10
5	1,0	4,0	0,20



## 2. Factores que afectan la velocidad de reacción

A partir de lo propuesto por la teoría de las colisiones, es lógico deducir que mientras más condiciones favorezcan las colisiones entre los reactivos, mayor será la probabilidad de que ocurra la reacción y, por ende aumente la velocidad de la reacción. Veamos que factores son los que afectan la velocidad de reacción:

### a. Grado de división de los reactantes.

Observa los siguientes casos:

Caso 1	Caso 2
	
Una persona se dispone a freír 500 g de papas, las cuales están cortadas en gruesas láminas.	Otra persona también freirá 500 g de papas, las cuales están cortadas en bastones.

- Al freír las papas, ¿en cuál de los dos casos la velocidad de reacción será mayor? Explica.

Cuando hay diferentes estados de división en los reactantes la velocidad de la reacción se verá afectada, dependiendo de la superficie de contacto. Así en el caso de los sólidos, cuanto más disgregados o separados estén los reactivos, mayor será la probabilidad de contactos entre ellos, por lo que aumentará la velocidad de la reacción (habrá más choques efectivos entre las partículas).

Una aplicación cotidiana de este efecto es en los medicamentos, pues estos en estado sólido (tabletas), no se integran tan rápido al torrente sanguíneo, como lo hacen si estuvieran en polvo, ya que el efecto en el organismo es más rápido.

### b. Concentración

Lee y analiza las siguientes situaciones:

**Situación A:** En una pista de baile de un determinado lugar se encuentran cuatro parejas bailando. Se puede observar que el número de colisiones, la ruptura de los abrazos, el intercambio de pareja y formación de otras nuevas, casi no ocurre.

**Situación B:** Luego de una hora, se observa que han llegado muchas parejas a bailar, tienen poco espacio para moverse y chocan constantemente unas con otras.

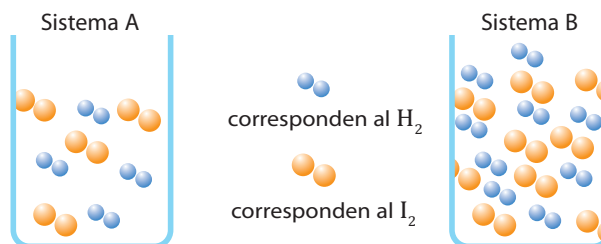
- ¿Qué relación puedes establecer entre las situaciones propuestas y la influencia de la concentración en las reacciones químicas?



- Haciendo la analogía de los ejemplos con la cinética química, ¿en cuál de las dos situaciones la velocidad de reacción sería mayor? ¿por qué?

El aumento en la concentración de los reactivos aumenta la probabilidad de colisiones entre las moléculas de los mismos; por lo tanto, a mayor concentración de los reactivos, mayor velocidad de reacción.

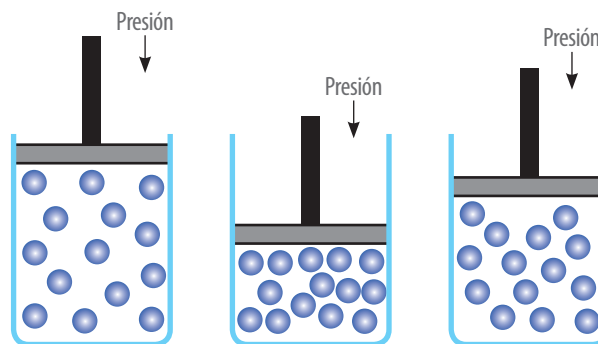
Observa la imagen inferior. ¿En cuál de los recipientes (A o B) se producirá la reacción con mayor velocidad? Reflexiona y discute tu hipótesis junto a tus compañeros y compañeras.



Mirando ambos sistemas, es mayor la probabilidad de que se produzcan más colisiones en el sistema B que en el A, pues existe mayor concentración de reactivos y, por ende, la velocidad de la reacción será mayor en el sistema B, tal como lo comprobaste en la actividad experimental de Ciencia en Acción “¡Qué veloz! ¡Qué lento!”

### c. Presión

Las reacciones químicas en las que participan especies gaseosas pueden ver afectada su velocidad de reacción por variaciones en la presión que afecta al sistema. En cambio en las reacciones en las que participan líquidos o sólidos, el efecto de la presión es casi imperceptible, a no ser que la presión ejercida sea ¡enorme! Observa atentamente las siguientes imágenes:



- ¿Qué sucede al aumentar o disminuir la presión?, ¿qué sucede con la concentración al aumentar y disminuir la presión?, ¿aumenta o disminuye la probabilidad de choques efectivos al aumentar la presión?, ¿qué puedes decir respecto al efecto de la presión sobre la velocidad de reacción?

Al aumentar la presión ejercida sobre una especie gaseosa se incrementa su concentración (se reduce el volumen total) lo que aumenta significativamente la energía cinética de las moléculas y la probabilidad de choques efectivos, que consecuentemente, trae consigo el aumento de la velocidad de la reacción. En cambio, al disminuir la presión del sistema disminuye la concentración (el volumen aumenta) lo que provoca una disminución considerable en la probabilidad de choques efectivos, disminuyendo la velocidad de reacción.





## d. Temperatura

El incremento de temperatura aumenta la velocidad de movimiento y la energía de las moléculas y, por lo tanto, el número y efectividad de las colisiones.

Las moléculas que constituyen la materia absorben energía, separándose y adquiriendo mayor velocidad en su movimiento. Este efecto aumenta la probabilidad de colisiones y, por ende, la velocidad de la reacción.

### Procedimiento:

- **Paso 1:** Llena un vaso de vidrio con vinagre hasta la mitad y agrega una cucharadita de bicarbonato. Observa.
- **Paso 2:** Llena otro vaso de vidrio con vinagre hasta la mitad y agrega un cubo de hielo. Espera un minuto y agrega una cucharada de bicarbonato.

### Responde:

- 1 ¿En cuál de los dos pasos la reacción es más intensa?
- 2 Comparando, ¿en cuál de los dos pasos reaccionan más moles de bicarbonato por segundo? Explica.
- 3 ¿Cómo se puede observar la influencia de la temperatura en la velocidad de la reacción?

## ¡HAZLO EN TU CASA!

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Aplicar
- Deducir

### Materiales

- Dos vasos de vidrio
- Una cuchara
- Vinagre
- Bicarbonato
- Cubo de hielo



[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/tema6/index6.htm#velocida](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema6/index6.htm#velocida)

podrás encontrar una breve descripción de los factores que afectan la velocidad de reacción y una actividad con preguntas de selección múltiple.

### d.1. Ecuación de Arrhenius

Los efectos de la temperatura sobre la energía cinética de las moléculas y, por ende, sobre la velocidad de la reacción fueron estudiados en profundidad por el científico sueco **S. Arrhenius**, quien en 1889 señaló que: “Al aumentar la temperatura se produce un incremento en el número de choques efectivos y, como consecuencia de ellos, en la velocidad ( $v$ ) y en la constante de velocidad ( $k$ ) de la reacción”. Por lo tanto, la dependencia en la constante de velocidad ( $k$ ) de una reacción con respecto a la temperatura, se expresa mediante la siguiente ecuación (ecuación de Arrhenius):

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

$k$  corresponde a la constante de velocidad de la reacción, expresada en 1/s.

$A$  es el factor de frecuencia, es decir, la frecuencia con la que ocurren las colisiones expresadas también en 1/s.

$e$  es la función inversa del logaritmo natural;

$E_a$  es la energía de activación de la reacción, expresada en kJ/mol;

$R$  es la constante de valor 8,314 J/K · mol;

$T$  representa la temperatura absoluta expresada en K.



La ecuación de Arrhenius, muestra que la constante de velocidad ( $k$ ), es directamente proporcional a  $A$  y a la frecuencia de las colisiones. También nos muestra, que la constante de velocidad ( $k$ ):

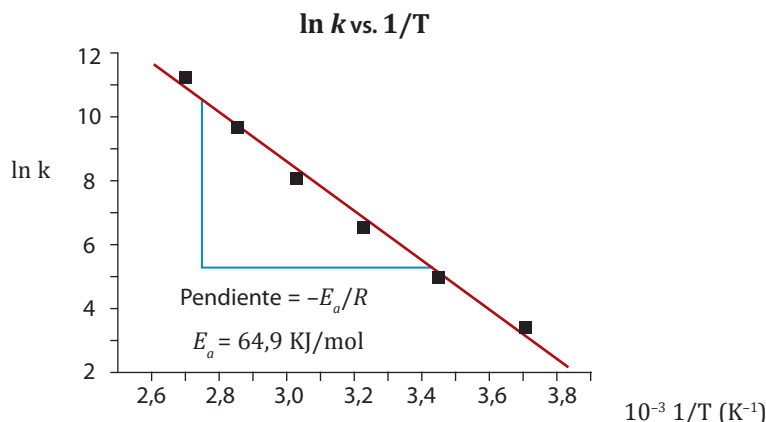
- Disminuye cuando aumenta la energía de activación ( $E_a$ ), que está relacionada con la barrera de energía que deben superar los reactivos para transformarse en productos.
- Aumenta con el incremento de la temperatura.

Otra representación de la ecuación de Arrhenius es, en la que a todos los factores participantes se les aplica la función inversa de la base e, es decir, el logaritmo natural ( $\ln$ ), quedando expresada de la forma:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

$$y = mx + b$$

Por ende, al determinar la pendiente de la recta ( $m$ ), se puede calcular la energía de activación ( $E_a$ ) de la reacción (ya que  $m = -\frac{E_a}{R}$ ), o, al conocer la energía de activación, es posible conocer cómo cambian la velocidad y la constante por efecto de la temperatura. Observa el siguiente diagrama:



La ecuación de Arrhenius, en su expresión logarítmica, nos permite conocer las variaciones que experimenta una reacción química respecto a su energía de activación ( $E_a$ ) cuando se conocen la temperatura y la constante de velocidad en dos situaciones distintas:

Situación 1	Situación 2
$\ln k_1 = \ln A - \frac{E_a}{RT_1}$	$\ln k_2 = \ln A - \frac{E_a}{RT_2}$

Al restar ambas expresiones se obtiene:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$



## EJERCICIO RESUELTO

Analicemos el siguiente ejemplo. Calcular la energía de activación de la reacción  $A \rightarrow \text{Productos}$

**Paso 1.** Identificación de la incógnita y de los datos que nos entrega el planteamiento.

Incógnita:  $E_a$  para la reacción  $A \rightarrow \text{Productos}$

Datos: valores de  $K$  a dos temperaturas:

$$k_1 = 2,24 \cdot 10^{-8} \text{ L/mol} \cdot \text{s}$$

$$T_1 = 598 \text{ K}$$

$$k_2 = 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ L/mol} \cdot \text{s}$$

$$T_2 = 680 \text{ K}$$

**Paso 2.** La ecuación que nos permite obtener la velocidad de reacción es:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = - \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

**Paso 3.** Reemplazando los valores y resolviendo, se obtiene:

La constante  $R$ , se debe transformar. El valor  $8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  tiene que quedar expresado en  $(\text{kJ/mol} \cdot \text{K})$ , quedando finalmente:  $8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol} \cdot \text{K}$

$$\ln \frac{2,46 \cdot 10^{-7} \text{ L/mol} \cdot \text{s}}{2,24 \cdot 10^{-8} \text{ L/mol} \cdot \text{s}} = - \frac{E_a}{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol} \cdot \text{K}} \left( \frac{1}{680 \text{ K}} - \frac{1}{598 \text{ K}} \right) = 452,8 \text{ kJ/mol}$$

**Paso 4.** Interpretar para dar una respuesta.

¿Qué significa este valor? ¿Cómo lo puedes interpretar? ¿Qué información proporciona el valor obtenido respecto a la velocidad de la reacción?

El estudio y la comprensión de los factores que influyen en la velocidad de la reacción, ayuda a las personas que trabajan en esta área, a controlar en forma deseable y satisfactoria estas velocidades. Por ejemplo, buscar que una reacción sea rápida, pero no tanto como para causar peligro (consideramos el caso de la combustión controlada de combustible, en una máquina de combustión interna); o buscar que las reacciones se produzcan con mayor lentitud, por ejemplo, retardar la descomposición de alimentos.



[http://odas.educarchile.cl/objetos\\_digitales\\_NE/ODAS\\_Ciencias/Quimica/factores\\_afectan\\_velocidad\\_reaccion/index.html](http://odas.educarchile.cl/objetos_digitales_NE/ODAS_Ciencias/Quimica/factores_afectan_velocidad_reaccion/index.html)

podrás encontrar un software educativo, donde se identifica el concepto de velocidad de reacción, la relación con la velocidad de reacción directa e inversa, factores que afectan la velocidad de reacción, entre otros.



## DESAFÍO

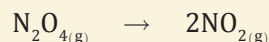
## Habilidades a desarrollar:

- Predecir
- Comprender
- Aplicar
- Calcular

- 1** Imaginen la siguiente situación. Un grupo de amigos se reúnen para celebrar un cumpleaños y deciden hacer hamburguesas en la parrilla a carbón. Antes de prender el fuego, conversan respecto a lo rápido que deben desarrollar la cocción para que cuando llegue el festejado esté todo listo. Considerando sus conocimientos en relación con los factores que aceleran o retardan una reacción química, en este caso de combustión respondan:



- a. ¿Qué harían para acelerar la reacción? Justifiquen su respuesta.
  - b. Según la decisión que han tomado, ¿a qué factor que influye en la velocidad de una reacción química se asocia correctamente?
  - c. ¿Existe otra forma de acelerar la reacción, además de la que ya han mencionado? Justifiquen su respuesta.
- 2** Para la reacción en fase gaseosa,  $A + B \rightarrow C + D$ , indiquen cómo varía la velocidad de reacción si:
- a. disminuye el volumen del sistema a la mitad.
  - b. se modifican las concentraciones de los productos sin alterar el volumen del sistema.
  - c. aumenta la temperatura.
  - d. la concentración inicial de A y B se mantiene constante, pero cambia la temperatura.
- 3** La constante de velocidad de una reacción a 293 K es de 1,5 M/s, mientras que a 303 K es de 2,5 M/s. Determine la energía de activación del sistema.
- 4** Calcula la energía de activación de la descomposición del tetróxido de dinitrógeno ( $N_2O_4$ ) al gas dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )



La constante de velocidad a 265 K es de  $4500 \text{ s}^{-1}$  y a 276 K es de  $10000 \text{ s}^{-1}$



### 3. Acción de los catalizadores e inhibidores

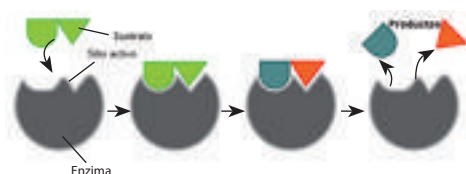
Observa atentamente las siguientes imágenes:

Imagen A



Convertidor catalítico

Imagen B



Enzima

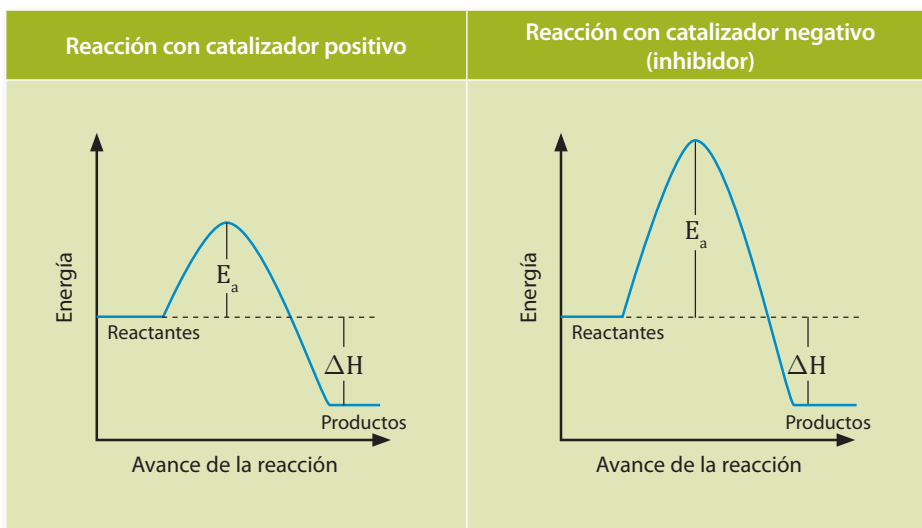
- ¿Qué sabes respecto a ambas imágenes? ¿Qué crees que tienen en común?
- ¿Has escuchado antes estas palabras: catalizador e inhibido? ¿Qué entiendes por ellas?

Las imágenes que acabas de observar y analizar, tienen en común un comportamiento como catalizadores. En el primer caso, respecto a la reacción de los gases producidos por la combustión de la bencina o el diesel y en el segundo, la acción de las enzimas presentes en nuestro cuerpo (por ejemplo saliva, jugos gástricos) y que aceleran un proceso de reacción.

Los **catalizadores** son sustancias que modifican (aumenta) la rapidez de una reacción química sin sufrir un cambio químico permanente en el proceso, es decir, sin ser parte de los productos obtenidos.

Existen **catalizadores positivos y negativos**. Los catalizadores positivos aumentan la velocidad de la reacción sin ser consumidos en ella y disminuyendo la energía de activación. Los catalizadores negativos o **inhibidores**, aumentan la energía de activación, disminuyendo la velocidad de la reacción.

Ambos catalizadores, no sufren cambio químico permanente en el proceso. El efecto de ambos en una reacción química se presenta en el siguiente perfil de reacción ¿Cuál crees que es la importancia de cada uno?



#### SABÍAS QUE

Un ejemplo de sustancias inhibitorias es el plomo presente en las gasolinas que “envenena” el catalizador; de allí que las gasolinas con menos presencia de plomo o sin plomo, alarguen la vida útil de un catalizador. Pero los inhibidores no siempre son “malos”, ya que muchas veces actúan reduciendo la velocidad de una reacción, es decir, retardando procesos. Por ejemplo, en los alimentos envasados que consumimos a diario, ¿has visto la palabra “conservantes”? Se refiere a inhibidores que retrasan los procesos de descomposición, oxidación, entre otros.

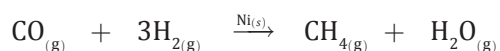




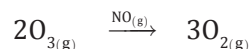
### a. Catálisis homogénea y heterogénea

En las **catálisis** (procesos químicos acelerados por la presencia de un catalizador) se pueden presentar catalizadores homogéneos o heterogéneos. Los primeros son aquellos que están en la misma fase que los reactivos y los segundos presentan un estado distinto al de los reactivos.

La **catálisis heterogénea** se produce cuando se emplea un catalizador heterogéneo. Los procesos más frecuentes de este tipo de catálisis, son las reacciones de gases catalizadas por sólidos. Por ejemplo, en el uso de los convertidores catalíticos, o la obtención de metano gaseoso ( $\text{CH}_4$ ) a partir de la reacción del monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) con hidrógeno, en presencia de níquel ( $\text{Ni}$ ) en estado sólido, como catalizador. Sin el catalizador, el proceso es extremadamente lento.



La **catálisis homogénea** se produce cuando se emplea un catalizador homogéneo, como por ejemplo en la obtención de oxígeno gaseoso ( $\text{O}_2$ ) a partir del ozono ( $\text{O}_3$ ), que sin presencia de catalizador es un proceso extremadamente lento. En este caso, el catalizador en estado gaseoso, es igual al reactivo y al producto (monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ )).



## DESAFÍO

### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Relacionar
- Analizar
- Sintetizar información

- 1 Para la catálisis heterogénea, investiga el proceso de fabricación del ácido nítrico, indicando:
  - a. Usos del ácido nítrico en la industria
  - b. Breve explicación del Proceso Ostwald. Indicando las principales reacciones químicas involucradas en el proceso.
- 2 Investiga sobre las principales aplicaciones a nivel industrial de la catálisis homogénea.
- 3 Investiga y has una breve comparación entre la catálisis homogénea y la heterogénea. Menciona cuál tiene más ventajas a nivel industrial.
- 4 Dentro del proceso de obtención de las margarinas, para endurecerlas, se necesita alterar el punto de fusión del aceite para obtener un sólido, para eso se utiliza el proceso de hidrogenación de aceites. Investiga:
  - ¿En qué consiste la hidrogenación de aceite?
  - ¿Qué tipo de catalizadores se utilizan en este proceso?
  - ¿Cómo se acelera la velocidad de reacción en este proceso?
  - ¿Qué tipo de reacción es, exotérmica o endotérmica?
  - ¿Por qué motivo se hidrogenan los aceites?



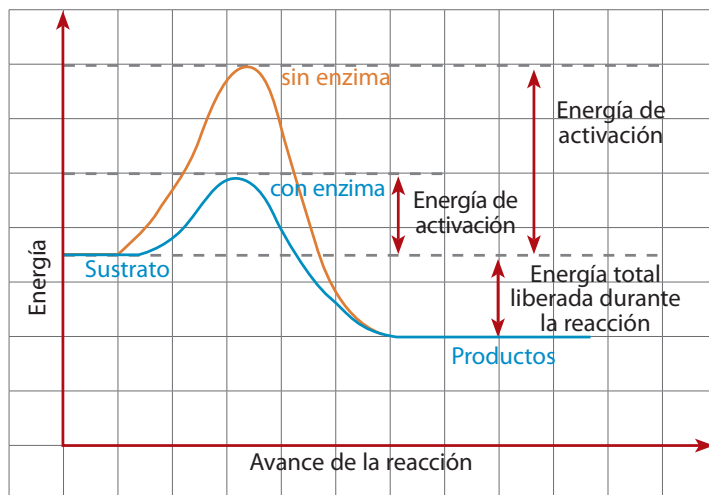
## b. Catálisis enzimática

La **catálisis enzimática** constituye uno de los procesos más hermosos de la química, que ocurre a cada instante en nuestro propio cuerpo; por ejemplo, los catalizadores que actúan acelerando el proceso digestivo de los alimentos.

Estos no reaccionan químicamente con las sustancias sobre las que actúan (**sustrato**), solamente aumentan la velocidad con que estas se producen actuando como catalizadores. Las **enzimas** o **catalizadores biológicos** corresponden a moléculas de proteínas de gran masa molecular (de 10000 a 1 millón de  $\mu$ ), de estructuras generalmente muy complejas y dotadas de actividad catalítica específica, es decir, catalizan ciertas reacciones.

A pesar de su enorme estructura, las enzimas reaccionan en un lugar muy específico denominado **sitio activo**, con la sustancia que cataliza llamada **sustrato**.

Observa atentamente el siguiente perfil de reacción:

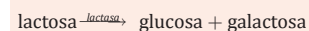


- ¿Qué información puedes obtener de él?
- ¿Cuál es el efecto de la enzima sobre la energía de activación en la reacción?
- ¿Qué indican las curvas de color azul y naranja?
- ¿Corresponde a una reacción endotérmica o exotérmica?

El modelo “llave-cerradura” explica de manera simplificada la acción de una enzima sobre el sustrato, gracias a su **sitio o centro activo**, en el cual se fija el sustrato para formar los productos. Analógicamente, como la llave es específica de una cerradura y gracias a la combinación perfecta, esta última se abre.

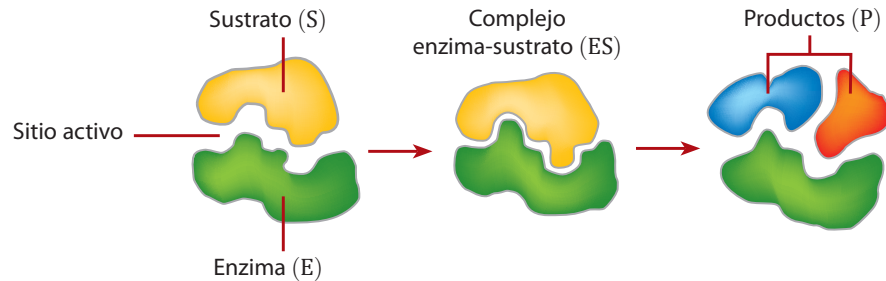
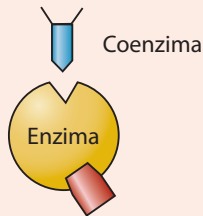
### SABÍAS QUE

En la digestión de la leche se encuentra un azúcar complejo llamado *lactosa* que se descompone en dos azúcares más simples, la glucosa y la galactosa, en presencia de la enzima lactasa, como se observa en la siguiente reacción:



### SABÍAS QUE

Las enzimas reciben su nombre en función de su actividad específica. Así, por ejemplo, la enzima ureasa cataliza con eficiencia la hidrólisis de la urea, las proteasas actúan sobre las proteínas, las amidasas sobre las amidas, etc. Todas ellas, desde el punto de vista químico, son proteínas, pero pueden asociarse con sustancias no proteínicas, llamadas coenzimas o grupos prostéticos, que son esenciales para la acción de la enzima.



La ecuación química que representa la acción de una enzima (E) y el sustrato (S) son:

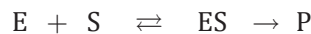
- a. Reacción enzima – sustrato, formación de complejo enzima – sustrato (ES)



- b. Complejo enzima - sustrato da origen a un nuevo producto (P)



- c. Reacción global.



<http://www2.uah.es/sancho/farmacia/temas%2009-10/Tema%207%20-%20catalisis%20enzimatica%20farmacia.pdf>

podrás descargar un Power Point, que te ayudará a profundizar tus conocimientos respecto las enzimas y la catálisis enzimática.

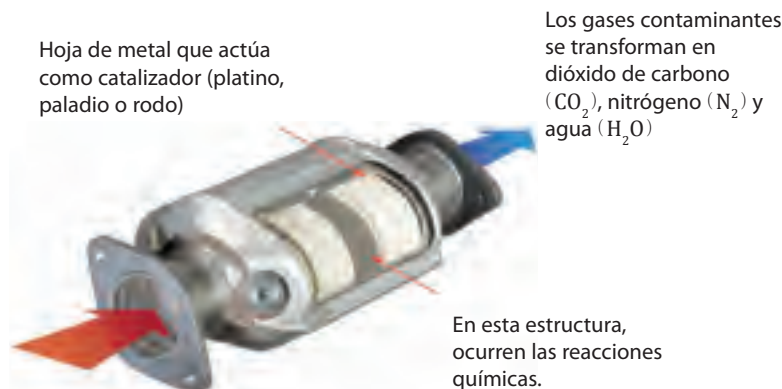
### c. Convertidores catalíticos

Los convertidores catalíticos de los automóviles motorizados, corresponde a una aplicación actual de los catalizadores, en un proceso de catálisis heterogénea, que colabora en la lucha contra la contaminación ambiental.

La combustión producida en el motor genera gases que fluyen hacia la atmósfera a través del tubo de escape, entre los cuales están el monóxido de carbono (CO) los óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>) e hidrocarburos (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) no quemados, que participan en la formación del smog fotoquímico.

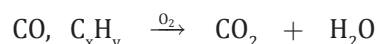
El convertidor catalítico (parte del sistema de escape) corresponde a una estructura de acero inoxidable en su interior contiene un sistema catalizador constituida por una hoja de metal generalmente de metales de transición o nobles como el platino, que actúan como agentes catalizadores. La hoja metálica permite un mejor y “más largo” tiempo contacto de los gases contaminantes, entre los 100 y los 400 ms, que permite que el 96% de los gases contaminantes se transformen en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O reduce la emisión de óxidos nitrosos en un 76%.





Salida del motor, de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) y ( $\text{NO}_2$ ) e hidrocarburos.

El convertidor funciona absorbiendo oxígeno gaseoso (también presente en los gases de escape) y provocado que el enlace  $\text{O}-\text{O}$  se debilite y así queden disponibles los átomos para reaccionar con el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y formar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). De igual manera se absorben los hidrocarburos ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) para debilitar el enlace  $\text{C}-\text{H}$  y permitir su oxidación. Como muestra la ecuación química:



Los catalizadores eficientes para la reducción del  $\text{NO}$  a  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ , también son óxidos de metales de transición y nobles, pero finalmente distintos, razón por la cual el convertidor catalítico contiene dos componentes distintos.

El convertidor catalítico, reduce el óxido nitroso ( $\text{NO}$ ) producido, oxida el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y los hidrocarburos a dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), gracias a la presencia de metales.

Las aplicaciones de los catalizadores y los inhibidores son muy amplias en la industria química, incluso en el hogar. Existen numerosas investigaciones que busca mejores sustancias para acelerar o retardar procesos como por ejemplo: el envejecimiento, la corrosión de los metales, la descomposición de alimentos, etc.



Tomar conciencia del conocimiento y la comprensión de las ideas científicas, mediante la indagación, implica realizar una serie de actividades para estudiar el mundo natural y proponer explicaciones de acuerdo con la evidencia que proviene del trabajo científico. Reflexiona y comenta con otros estudiantes las siguientes preguntas: ¿Busco respuesta para aquello que no entiendo?, ¿realizo investigaciones de diversas fuentes, para comprender mejor el contenido estudiado?, ¿soy capaz de relacionar el conocimiento adquirido con las situaciones que observo en mi entorno?



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Reconocer
- Inferir
- Investigar
- Deducir

**1** Responde brevemente:

- a. ¿Qué son los catalizadores y como se clasifican?
- b. Según la clasificación de catalizador estudiada anteriormente, ¿con qué tipo de catalizador podemos acelerar la velocidad de reacción?
- c. ¿Qué ocurre con la energía de activación en el caso de usar como catalizador un inhibidor? Explica.

**2** La catálisis enzimática constituye una de las aplicaciones de la cinética química a la biología. Investiguen:

- a. ¿Qué es la bioquímica y cuál es su campo de estudio?
- b. La importancia de las siguientes enzimas en nuestro organismo: catalasa, lactasa, ptialina.

**3** Como vimos anteriormente, una de las aplicaciones de las reacciones en presencia de catalizadores, corresponde al convertidor catalítico de los automóviles. Con respecto a este tema, responde:

- a. ¿Cuál es la importancia del convertidor catalítico en la sociedad moderna.
- b. ¿Por qué un auto con convertidor catalítico contamina menos?
- c. Como ciudadano responsable, ¿qué consejos le darían a un conductor para que su convertidor catalítico funcione correctamente y cuide el ambiente?

**4** Evalúen el nivel de logro respecto a los aprendizajes logrados marcando con una X la opción que mejor los represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Comprendo cómo influye la presencia de un catalizador en la velocidad de reacción?			
¿Comprendo la diferencia entre un catalizador positivo y uno negativo?			
¿Entiendo cuál es la diferencia entre la catálisis homogénea y heterogénea?			
¿Puedo interpretar claramente un perfil de reacción?			
¿Valoro la importancia de los catalizadores, particularmente en la catálisis enzimática de procesos de importancia bioquímica y en los convertidores catalíticos de motores de combustión interna?			
¿Comprendo la importancia de los procesos catalíticos, que están diariamente ocurriendo en mi entorno?			
¿Asocio el concepto de cinética química con la vida cotidiana en diferentes situaciones de nuestro entorno?			



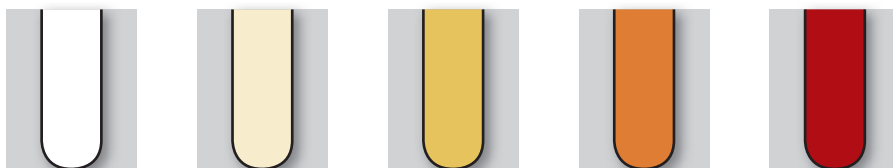


## 4. Equilibrio químico

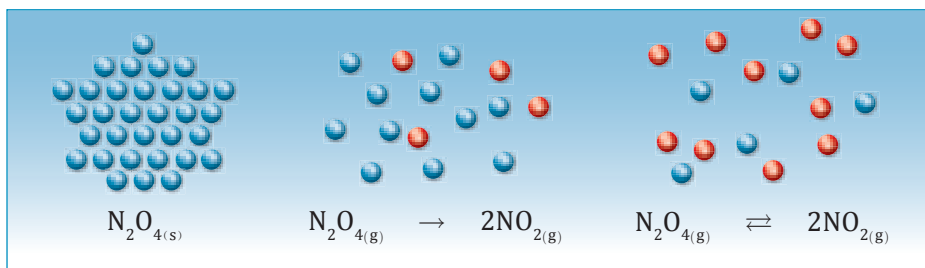
Lee atentamente el siguiente texto y luego comenta y trabaja con otro estudiante:

En el laboratorio de química, un grupo de estudiantes realizó un experimento que les permitió observar las características de la siguiente reacción química:  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$

En sus bitácoras de trabajo registraron que el  $\text{N}_2\text{O}_4$  a muy baja temperatura es incoloro, y al calentarlo por sobre los  $21,2\text{ }^\circ\text{C}$  se produce un oscurecimiento gradual hasta alcanzar un color pardo oscuro. Esto, hasta que el color deja de cambiar, como se observa en la siguiente secuencia de imágenes:



Los estudiantes registraron y presentaron las fotografías de su experimento. El docente les explicó el proceso comparando las fotografías con el siguiente esquema:



En sus conclusiones los estudiantes, expresaron: “se observa en el último tubo un equilibrio químico, en el cual la velocidad directa e inversa se igualan”

A partir del texto y las imágenes presentadas:

- ¿Qué puedes interpretar del proceso?
- ¿Por qué la ecuación química se escribe con una flecha de doble dirección?
- ¿Qué representa el último esquema explicativo desarrollado por el profesor?

Según la conclusión expuesta:

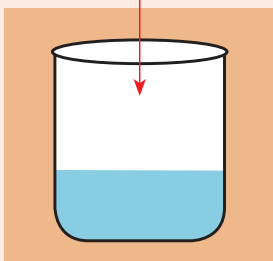
- ¿Qué es el equilibrio químico?
- ¿A qué crees que se refieren los estudiantes con “velocidad directa” y “velocidad inversa”?
- ¿Por qué se afirma que en el equilibrio la velocidad directa e inversa se igualan?
- ¿Podrías representar otra reacción química que cumpla con los mismos requisitos de esta experiencia?



### SABÍAS QUE

Para que se alcance el equilibrio químico es necesario realizar idealmente la reacción química en un recipiente (sistema) aislado, asegurándose así de que no ocurra intercambio de energía ni de materia, pues se altera el equilibrio o simplemente no se alcanza.

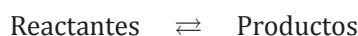
Sistema aislado  
(no hay intercambio de materia ni de energía)



## a. Características de un equilibrio químico

Se asume generalmente que las reacciones químicas evolucionan en un solo sentido o dirección, desde los reactivos hacia los productos, pero no siempre es así. Pues, en situaciones de equilibrio químico, como la que observaron los estudiantes en el sistema  $N_2O_4 / NO_2$ , la velocidad con la que se forman los productos a partir de los reactantes es igual a la velocidad con la que los reactivos se forman a partir de los productos, es decir, los reactivos no se transforman en su totalidad a productos, razón por la cual es posible verificar la existencia de reactivos y productos en un tiempo determinado.

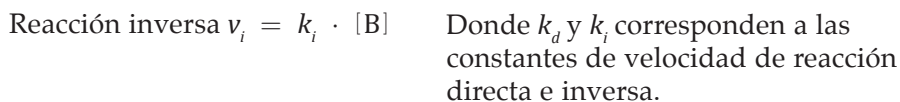
Las reacciones que cumplen con el requisito antes mencionado, se denominan **reacciones reversibles**, y en ellas es posible verificar la reacción directa (reactante  $\rightarrow$  producto), como la inversa (Productos  $\rightarrow$  reactantes o reactantes  $\leftarrow$  productos), situación que se describe como:



Estudiamos la siguiente reacción:  $A \rightleftharpoons B$ . En ella entendemos que existe:



Para cada una de las cuales, la expresión de velocidad será:



En el equilibrio químico las velocidades directa ( $v_d$ ) e inversa ( $v_i$ ), se igualan, así:

$$v_d = v_i$$

$$k_d \cdot [A] = k_i \cdot [B]$$

Al despejar la expresión, se obtiene:

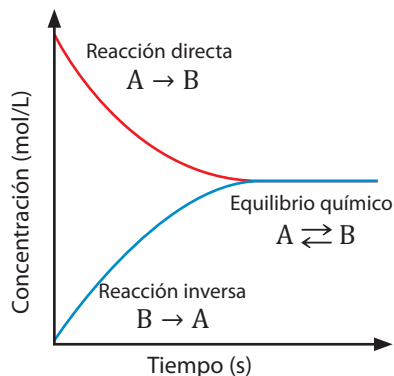
$$\frac{k_d}{k_i} = \frac{[B]}{[A]}$$

Donde la expresión:  $\frac{k_d}{k_i} = k_{\text{equilibrio}}$

El cociente de las dos constantes  $k_d$  y  $k_i$  corresponde a una constante, denominada **constante de equilibrio**.

La situación de equilibrio del sistema  $A \rightleftharpoons B$  se muestra en la siguiente gráfica, en la cual es posible observar que la velocidad directa se iguala a la velocidad inversa, obteniendo el equilibrio. Existe una mezcla de equilibrio de A y B, en la que ambos (A y B) nunca dejan de reaccionar y continúan convirtiéndose en B y A respectivamente, condición privilegiada del equilibrio químico, es un **equilibrio dinámico**.





## b. La constante de equilibrio

Observa atentamente la siguiente expresión de equilibrio para la reacción  $aA \rightleftharpoons bB$

$$k_{\text{equilibrio}} = \frac{[B]^b}{[A]^a}$$

- ¿Qué información te proporciona?
- ¿Por qué A y B presentan como exponentes a y b respectivamente?
- ¿Qué deducciones puedes obtener de ella?
- Matemáticamente, ¿cuándo la constante de equilibrio sería mayor a 1 y cuando menor?, ¿qué significa eso?

La constante de equilibrio corresponde al cociente entre los productos y los reactantes, que:

1. Permite calcular las concentraciones de reactivos y productos cuando se ha establecido el equilibrio, y
2. Predice la dirección en la que se llevará a cabo una reacción hasta alcanzar el equilibrio.

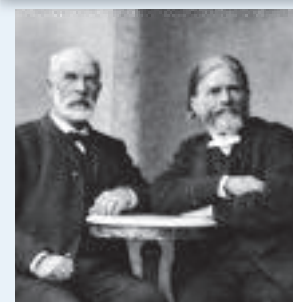
### b.1. Formulación e información

En 1864 **Cato Maximilian Guldberg** y **Peter Waage**, postularon la **ley de acción de masas**, que expresa la relación entre las concentraciones (expresadas como presiones parciales en el caso de los gases y como concentración molar en el de las disoluciones) de los reactivos y productos en el equilibrio de cualquier reacción.

Dado lo anterior, expresaremos la condición de equilibrio para una reacción cuyos reactivos y productos están en estado gaseoso y en disolución. Observa atentamente.

$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$	$aA_{(ac)} + bB_{(ac)} \rightleftharpoons cC_{(ac)} + dD_{(ac)}$
$k_{\text{equilibrio}} = k_p = \frac{[P_C]^c \cdot [P_D]^d}{[P_A]^a \cdot [P_B]^b}$	$k_{\text{equilibrio}} = k_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$
$k_p$ indica que la expresión está en función de concentraciones.	$k_c$ indica que la expresión está en función de concentraciones.

## MÁS QUE QUÍMICA



**Cato Maximilian Guldberg**  
(1836-1902)

Matemático y químico noruego que realizó destacados trabajos sobre termodinámica de sistemas complejos.

**Peter Waage**  
(1833-1900)

Químico noruego que, junto con Cato Maximilian, enunció la ley de equilibrio químico.



La constante de equilibrio (que puede ser muy pequeña, pequeña, grande o muy grande), es adimensional, es decir, no presenta unidades aún cuando las presiones o concentraciones, según corresponda, si las poseen.

Lo anterior se debe a que los valores que se introducen en la expresión de equilibrio son, en efecto, proporciones de presión o concentración, respecto a una presión o concentración de referencia, 1 atm y 1M respectivamente, para eliminar las unidades respectivas

Ahora, recordando la experiencia en que los estudiantes observaron las características de la reacción  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ , ¿cómo formularías la expresión de la constante de equilibrio, a partir de la información proporcionada?

La expresión de equilibrio para la reacción antes mencionada será:

$$k_{eq} = \frac{[P_{NO_2}]^2}{[P_{N_2O_4}]} = \frac{\left[\frac{0,53 \text{ atm}}{1 \text{ atm}}\right]^2}{\left[\frac{0,043 \text{ atm}}{1 \text{ atm}}\right]} = 6,53$$

Como puedes observar el valor de la constante de equilibrio proporciona valiosa información respecto al sentido en el que se desplaza la reacción, lo que se resume en la siguiente tabla:

Tabla 9  
Sentido de una reacción

Valor constante de equilibrio ( $k_{eq}$ )	Relación de la concentración de los productos y reactantes	Comportamiento de la reacción	Punto de vista cinético
$k_{eq} < 1$	$[Reactantes] > [Productos]$	El equilibrio está desplazado a la izquierda, favoreciendo la formación de reactantes.	$v_d < v_i$
$k_{eq} = 1$	$[Reactantes] = [Productos]$	Reacción en equilibrio	$v_d = v_i$
$k_{eq} > 1$	$[Reactantes] < [Productos]$	Se favorece la formación de productos. Reacción desplazada a la derecha.	$v_d > v_i$

### b.2 Equilibrios homogéneos y heterogéneos

Se reconocen en general dos tipos de equilibrios químicos, los **homogéneos** y los **heterogéneos**. En los primeros, todos los componentes de la reacción se encuentran en la misma fase y en los segundos no.

Todos los ejemplos utilizados hasta ahora nos hablan de equilibrios homogéneos, en los que es posible establecer la constante de equilibrio, por ejemplo, en función de las presiones parciales dado que todas las especies participantes se encuentran en estado gaseoso, pero ¿qué sucede en un equilibrio heterogéneo?

Observemos el siguiente ejemplo:  $aA_{(s)} \rightleftharpoons bB_{(ac)} + cC_{(ac)}$  ¿cómo se expresa la constante de equilibrio? B y C pueden expresarse en términos de concentración, pero ¿qué sucede con A que presenta estado sólido?

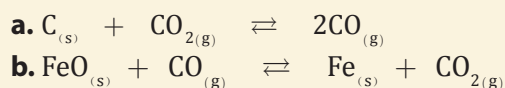
Ciertamente es posible expresar su concentración considerando la cantidad de sustancia por unidad de volumen, pero para efectos de la



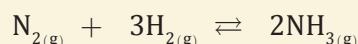
constante de equilibrio se considera innecesario, pues, al igual que las concentraciones y presiones para las cuales se una un valor de referencia, las sustancias puras (sólidas o líquidas como el agua por ejemplo) la concentración de referencia es 1 Molar (1 mol/L), razón por la cual no es necesario que aparezcan en la expresión de equilibrio. Así para la reacción la expresión de equilibrio se limita a los productos, obteniéndose:  $k_{eq} = [B]^b \cdot [C]^c$

- 1** El proceso de formación del ácido yodhídrico se expresa gracias a la siguiente ecuación química:  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$  de ella obtén:
- la expresión de la velocidad de reacción directa.
  - la expresión de la velocidad de reacción inversa.
  - la expresión de la constante de equilibrio.
  - Según las expresiones obtenidas, definan los siguientes conceptos: reacción directa, reacción inversa, equilibrio químico.

- 2** Para las siguientes reacciones, escribe las expresiones de la constante de equilibrio en función de las concentraciones y de las presiones parciales:



- 3** El  $NH_3$  a nivel industrial se obtiene exclusivamente por el método denominado proceso Haber-Bosch, que consiste en la reacción directa entre el nitrógeno y el hidrógeno gaseoso según la ecuación:



Se caracteriza por ser una reacción muy lenta, debido a la estabilidad del nitrógeno molecular, y presenta un  $\Delta H^0$  igual a  $-46,2$  kJ/mol y un  $\Delta S^0 < 0$ . Conforme a los datos entregados:

- ¿Cuáles son las expresiones de la velocidad directa e inversa?
- ¿Cuándo el proceso será exotérmico y cuándo endotérmico?
- ¿Cuál es la expresión de la constante de equilibrio?
- ¿Corresponde a un equilibrio homogéneo o heterogéneo? Justifica tu respuesta.
- ¿Qué se puede interpretar de su constante de equilibrio?

### b.3. Constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ) y el cociente de reacción (Q)

Si nos planteamos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo serán las concentraciones de las sustancias en una reacción, cuando se alcance el equilibrio, con respecto a las concentraciones iniciales? ¿Serán mayores o menores?

Para esto, se calcula el cociente de reacción (Q), cuyo valor permite predecir el sentido de la reacción.

El cociente de reacción es una expresión análoga a la constante de equilibrio ( $k_{eq}$ ), pero se calcula empleando las concentraciones iniciales de cada componente del sistema y no con las concentraciones en equilibrio.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Identificar
- Relacionar
- Interpretar
- Aplicar
- Calcular.





Sabemos que si el valor de  $k_{eq}$  es mayor a 1, la reacción tiende a avanzar hacia la derecha, mientras que si es menor a 1 la mezcla contiene principalmente reactivos.

Cuando  $Q > k_{eq}$  las sustancias del lado derecho de la ecuación química reaccionan para formar sustancias en el izquierdo, desplazando la reacción de derecha a izquierda y viceversa. Lo anterior, permite también predecir como volver al estado de equilibrio.

Comparación entre el cociente de reacción ( $Q$ ) y la constante de equilibrio:

**Tabla 10**  
Comparación entre el cociente de reacción ( $Q$ ) y la constante de equilibrio

Valores de $k_{eq}$ y $Q$	Comportamiento de la reacción
$Q < k_{eq}$	Para alcanzar el equilibrio, el sistema se desplaza de izquierda a derecha. Los reactivos se consumen para formar productos. En este caso, la reacción es directa y espontánea.
$Q = k_{eq}$	El sistema está en equilibrio.
$Q > k_{eq}$	Para alcanzar el equilibrio, el sistema se desplaza de derecha a izquierda. Los productos se consumen y se forman los reactivos. En este caso, la reacción es inversa y espontánea.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Formular hipótesis
- Observar
- Analizar
- Interpretar
- Inferir
- Concluir
- Comunicar
- Evaluar

### Materiales

- Gradilla con tres tubos de ensayo
- Varilla de agitación
- Pipeta
- Tres gotarios

### Reactivos

- Disolución 0,1 M de ácido clorhídrico (HCl)
- Disolución 0,1 M de hidróxido de sodio (NaOH)
- Fenoltaleína

## Principio de Le Châtelier

### PARTE 1:

Estudiaremos, el "Principio de Le Châtelier".

### Introducción

En 1884 el químico francés Henri Luis Le Châtelier enunció el siguiente principio: "Todo sistema en equilibrio químico estable sometido a la influencia de una causa exterior que tiende a hacer variar su temperatura o su condensación (presión, concentración, número de moléculas por unidad de volumen) en su totalidad o solamente en alguna de sus partes sólo puede experimentar unas modificaciones interiores que, de producirse solas, llevarían a un cambio de temperatura o de condensación de signo contrario al que resulta de la causa exterior."

Ostwald en 1904 en el libro "Principios de química inorgánica", formuló el principio como: "Si un sistema en equilibrio es sometido a una perturbación, por medio de la que el equilibrio es perturbado, un cambio tiene lugar, si es posible, que anula parcialmente la alteración."

### Paso 1: La exploración

Lean atentamente el Principio de Le Châtelier como originalmente fue propuesto y el principio propuesto por Ostwald, posteriormente.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Las preguntas tienen por finalidad guiar la investigación científica de acuerdo con las respuestas probables, las que muchas veces nacen de los conocimientos previos de los científicos o del estudio detallado de referencias bibliográficas, las que a su vez son consecuencia del conjunto de conocimientos existentes sobre el tema.



**Al leer el principio:**

Subrayen las palabras que no conocen o no comprenden, ¿qué preguntas les surgen?, ¿cuál creen que es la importancia del Principio de Le Châtelier?

**Paso 3: Formulación de hipótesis**

Cada una de las preguntas de exploración o investigación puede ser respondida tal como se indicó, acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes. Estas respuestas corresponden a inferencias que serán sometidas a pruebas gracias al diseño experimental. Formulen una hipótesis, respecto a la importancia del principio de Le Châtelier.

**Paso 4: Diseño experimental**

- 1 Enumeren los tubos de ensayo desde el 1 al 3.
- 2 A cada uno de los tubos agreguen respectivamente 1 mL de NaOH, 1 mL de agua destilada y 1 mL de HCl
- 3 A cada uno de los tubos agreguen 3 gotas de fenolftaleína.
- 4 Al tubo 2 que contiene agua destilada, agreguen alternada y pausadamente 2 gotas de NaOH y HCl, hasta completar 10 gotas de cada reactivo.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren los cambios que ocurren en cada experimento y el comportamiento que observen.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Registren las observaciones y conversen como equipo de trabajo la manera más correcta de ordenar la información, para el análisis.

**Paso 7: Análisis de datos**

Para guiar tu análisis te proponemos responder las siguientes preguntas.

- 1 ¿Cómo explican lo observado en el tubo con agua, cada vez que agregas NaOH y HCl?
- 2 ¿Cómo se relaciona lo que observan en el tubo con agua, con el principio de Le Châtelier?
- 3 Investiguen, ¿cómo Henry Le Châtelier formuló su principio?, ¿qué lo motivo?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Elaboren un díptico en el que presenten el Principio de Le Châtelier, sus antecedentes históricos investigados y concluyan respecto a su importancia para comprender sistemas en equilibrio.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

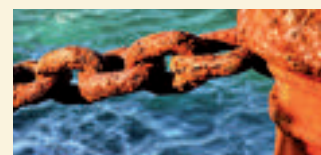
Al finalizar el proceso, debemos evaluar los aprendizajes obtenidos. Para eso respondan la siguiente pregunta:

¿Cuál es la importancia del principio de Le Châtelier?

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajen con cuidado, ya que estarán en contacto con dos sustancias que producen quemaduras. No tomen contacto directo con ellas. Si eso sucede, consulten a su profesor o profesora.

Las sustancias son riesgosas y en algunos casos, corrosivas para los metales, razón por la cual no se deben eliminar a través del desagüe, como lo harías con el agua por ejemplo. Entrega las disoluciones trabajadas en la actividad al docente, quien procederá a eliminarlas según el protocolo establecido en el laboratorio.



### Material

- Dos cápsulas de Petri
- Dos gotarios
- Varilla de agitación
- Hoja de papel blanco

### Reactivos

- Disolución de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )
- Disolución de cromato de potasio ( $K_2CrO_4$ )
- Disolución de hidróxido de sodio (NaOH)
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl)

### PARTE 2:

Estudiaremos el “Efecto de la concentración en el equilibrio químico”

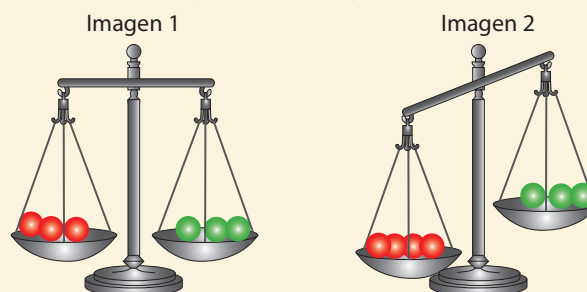
#### Introducción

El equilibrio químico es un estado de aparente quietud; por ello se conoce como **equilibrio dinámico**, haciendo referencia a la capacidad de las moléculas de alcanzar velocidades directa e inversa similares, que provocan una sensación macroscópica de equilibrio.

Dicho equilibrio puede ser modificado por distintos factores, los que fueron descritos en detalle por Henry Louis Le Châtelier. En esta actividad observarás, analizarás y comprenderás cómo afecta la concentración en el equilibrio.

#### Paso 1: La exploración

Observen atentamente las siguientes imágenes:



#### Paso 2: Preguntas de exploración

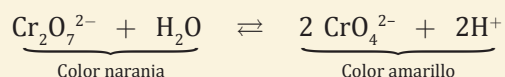
Las preguntas tienen por finalidad guiar la investigación científica de acuerdo con las respuestas probables, las que muchas veces nacen de los conocimientos previos de los científicos o del estudio detallado de referencias bibliográficas, las que a su vez son consecuencia del conjunto de conocimientos existentes sobre el tema.

Según las imágenes observadas:

- 1 ¿Cómo explican la secuencia de imágenes?
- 2 ¿Cómo afecta la concentración al equilibrio químico?

#### Paso 3: Formulación de hipótesis

Cada una de las preguntas de exploración o investigación puede ser respondida tal como se indicó, acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes. Estas respuestas corresponden a inferencias que serán sometidas a pruebas gracias al diseño experimental. Trabajaremos con el siguiente sistema químico:

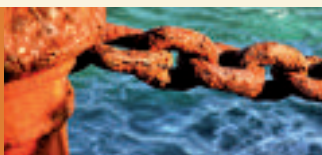


Supongamos que los reactivos se encuentran en un plato de la balanza y los productos en el otro.

¿Qué sucede si se cambia la concentración en uno de los platos? Planteen las hipótesis.

#### Paso 4: Diseño experimental

- 1 Dispongan 3 mL de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en una cápsula de Petri y 3 mL de cromato de potasio ( $K_2CrO_4$ ) en la otra cápsula.



- 2 Dispongan ambas cápsulas sobre papel blanco.
- 3 Agreguen sobre el cromato de potasio 10 gotas de ácido clorhídrico (HCl) y homogenicen con la ayuda de la varilla de agitación.
- 4 Agreguen sobre el dicromato de potasio 10 gotas de hidróxido de sodio (NaOH) y homogenicen con la ayuda de la varilla de agitación.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren sus observaciones para la experiencia. Recuerden anotar cambios de color.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Una vez registradas las observaciones, deben ser organizadas para su interpretación, lo que posteriormente hará posible el análisis. Discutan y elaboren un sistema que les permita ordenar los datos obtenidos.

**Paso 7: Análisis de datos**

Una vez recopilados y ordenados los datos, están en condiciones de analizarlos y, a partir de ese razonamiento, pueden aceptar o rechazar las hipótesis propuestas con anterioridad.

- 1 Escriban la expresión de la constante de equilibrio correspondiente a la reacción química estudiada.
- 2 Expliquen la situación de equilibrio observada. ¿Por qué cambian de color el  $(K_2CrO_4)$  y el  $(K_2Cr_2O_7)$  ?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Concluir y comunicar los resultados obtenidos configura una de las últimas etapas del trabajo científico. En este acto se establecen las relaciones entre las inferencias, la información obtenida de diversas fuentes y los resultados.

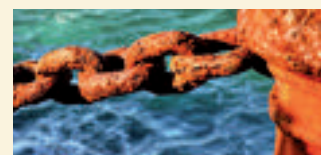
Elaboren sus conclusiones del trabajo y comuniquen sus resultados mediante un informe de laboratorio.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Al finalizar el proceso, debemos evaluar los aprendizajes obtenidos, así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo en forma individual. Esto resulta fundamental para determinar los aciertos que favorecieron el éxito del trabajo y los posibles errores que pudieron ponerlo en riesgo. Marca con una X la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Busco información en diversas fuentes, que me ayuden a comprender el trabajo a realizar?			
¿Comprendo el principio de Le Châtelier?			
Según el trabajo realizado, ¿comprendo que es el equilibrio químico?			
¿Puedo explicar el efecto de concentración sobre el equilibrio químico?			
¿Observo la Química como una herramienta valiosa para comprender los procesos que ocurren en la naturaleza?			



## MÁS QUE QUÍMICA



**Henry Louis Le Châtelier**  
(1859-1936)

Químico francés, que formuló el principio químico que explica cómo la concentración de reactivos y productos, la temperatura y la presión del sistema, altera el equilibrio químico de una reacción química, permitiendo con ello entender fenómenos fisiológicos importantes y desarrollar aplicaciones en la industria química.

### c. Principio de Le Châtelier

Considerando la información proporcionada por los estudiantes en el experimento en el que observaron el equilibrio químico  $N_2O_4 / NO_2$ ,

- ¿Qué crees que sucedería si someten el tubo a cambios de temperatura, por ejemplo, si una vez obtenido el equilibrio, lo refrigeran y reducen la temperatura a  $1\text{ }^\circ\text{C}$ ?

Toda reacción química que alcanza el equilibrio químico no tiene un rendimiento al cien por ciento, es decir, nunca se obtendrá la mayor cantidad de productos a partir de los reactivos. Esta situación puede revertirse, es decir, es posible romper el estado de equilibrio de una reacción química, al alterar algunas de las características del sistema químico, para obtener la mayor cantidad de productos posibles, aspectos clave, por ejemplo, en la industria química y farmacéutica.

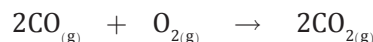
En 1884, el químico francés **Henry Louis Le Châtelier** enunció el principio que indica que: “Si sobre un sistema en equilibrio se modifica cualquiera de los factores que influyen en una reacción química, dicho sistema evolucionará en la dirección que contrarreste el efecto que causó el cambio o ruptura del equilibrio”, refiriéndose específicamente a la temperatura, presión y concentración de las especies participantes.

#### c.1. Efecto de la concentración

Al aumentar la concentración de los reactivos (manteniendo constantes otras variables del sistema químico en equilibrio), el sistema reaccionará oponiéndose a ese aumento. El equilibrio se desplazará a la derecha favoreciendo la formación de productos y contrarrestando el efecto, hasta que de nuevo se establece el equilibrio.

#### EJERCICIO RESUELTO

Para analizar la influencia de la concentración en el equilibrio, estudiemos el siguiente ejemplo, sobre la reacción de combustión de monóxido de carbono (CO), que se presenta según la ecuación química:



**Paso 1.** Para realizar el ejercicio, es necesario tener los datos. Las concentraciones que se encuentran para el equilibrio, son:

$$[CO] = 0,399 \text{ mol/L}$$

$$[O_2] = 1,197 \text{ mol/L}$$

$$[CO_2] = 0,202 \text{ mol/L}$$

Se obtendrá el valor de la constante de equilibrio ( $k_{eq}$ )

**Paso 2.** Seleccionar la fórmula que relaciona los datos conocidos con la incógnita y resolver.

Los datos nos permiten obtener el valor de la constante de equilibrio:

$$k_{eq} = \frac{[CO_2]^2}{[CO]^2 \cdot [O_2]} = \frac{[0,202]^2}{[0,399]^2 \cdot [1,197]} = 0,214$$





**Paso 3.** Observar atentamente el valor obtenido

El valor obtenido, indica que reactantes y productos se encuentran en proporciones semejantes y que el equilibrio está desplazado hacia los reactantes, o en otras palabras, hacia la reacción inversa.

**Paso 4.** Calcular el cociente de reacción ( $Q$ ).**1. ¿Qué sucedería si se agrega oxígeno ( $O_2$ ) en concentración 1 mol/L?**

Al alterar la situación de equilibrio, es necesario calcular el cociente de reacción ( $Q$ ), considerando el exceso de oxígeno, es decir:

$$[O_2] = 1,197 \text{ mol/L (inicial)} + 1 \text{ mol/L} = 2,197 \text{ mol/L}$$

$$Q = \frac{[CO_2]^2}{[CO]^2 \cdot [O_2]} = \frac{[0,202]^2}{[0,399]^2 \cdot [2,197]} = 0,117$$

**Paso 5.** Observar atentamente el valor obtenido y concluir.

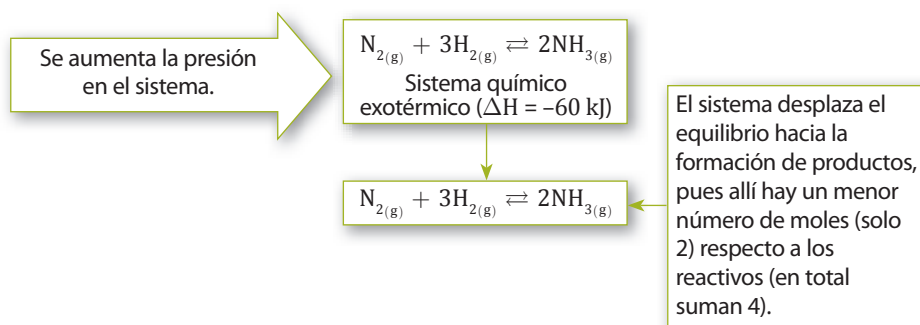
En síntesis, el valor de  $Q$  es menor que la  $k_{eq}$  así, para contrarrestar el efecto de agregar  $O_2$  (aumentando la concentración de los reactivos), el sistema se desplazará hacia la derecha para producir mayor cantidad de productos y restablecer el equilibrio.

**2. Repitiendo el mismo procedimiento, predice**

- ¿Qué sucedería si se agrega al sistema 1 mol/L de dióxido de carbono ( $CO_2$ )?
- ¿Cómo se restablece el equilibrio si se deja escapar 1 mol/L de oxígeno ( $O_2$ )?

**c.2. Efecto de la presión**

En un sistema químico en el que participan sustancias en estado gaseoso, se altera el equilibrio cuando se produce una variación en la presión que lo afecta. Así, un aumento de la presión favorecerá la reacción que implique la disminución de volumen; en cambio, si la presión descende, se favorecerá la reacción en la que los productos ocupen un volumen mayor que los reactantes. En el siguiente esquema se explica este proceso en la reacción de nitrógeno ( $N_2$ ) e hidrógeno ( $H_2$ ) gaseosos para formar amoníaco ( $NH_3$ ), también gaseoso:



Por lo tanto, es importante considerar, que existen tres formas de alterar la presión del sistema gaseoso:

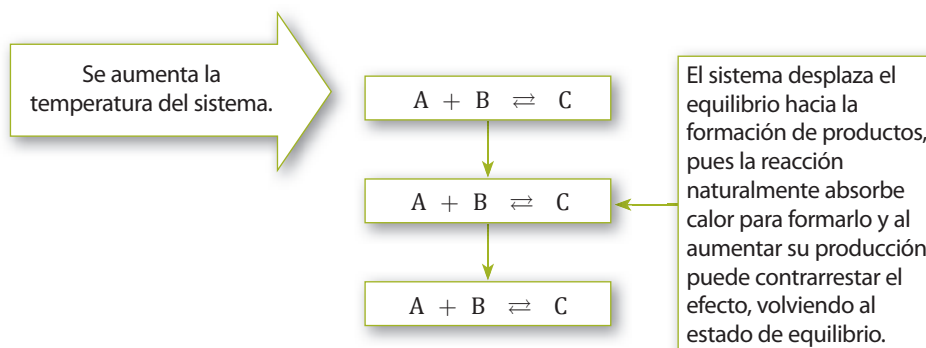
- Al agregar o quitar un componente del sistema.
- Añadir un gas inerte al sistema. Este hecho solo aumenta la presión global del sistema pero no altera el equilibrio.
- Cambiar el volumen del contenedor.

### c.3. Efecto de la temperatura

Al aumentar la temperatura de un sistema químico que se encuentra en equilibrio, este se opondrá al cambio, desplazándose en el sentido que absorba calor, es decir, favoreciendo la reacción endotérmica, y viceversa, si disminuye la temperatura, se favorecerá la reacción exotérmica.

Por lo tanto, el calor se puede considerar como producto de una reacción exotérmica y como reactante para una reacción endotérmica. Por ello, al adicionar calor en una reacción exotérmica esta se desplaza hacia la izquierda para consumir el calor añadido. Así mismo, cuando se calienta una reacción endotérmica, el equilibrio se desplaza hacia la derecha, para consumir el calor añadido y formar mayor cantidad de productos.

En el siguiente esquema se explica este proceso.



Considerando lo anteriormente expuesto, predice para cada una de las siguientes reacciones:



- ¿Qué sucede si aumenta la temperatura del sistema?
- ¿Cómo es el valor de  $Q$  respecto al de la  $k_{eq}$  en cada caso?
- ¿Cómo se restablecerá el equilibrio?



[http://dcb.fic.unam.mx/CoordinacionesAcademicas/FisicaQuimica/Quimica/articulos/a\\_chatelier.pdf](http://dcb.fic.unam.mx/CoordinacionesAcademicas/FisicaQuimica/Quimica/articulos/a_chatelier.pdf)

podrás encontrar un texto, que te ayudará a complementar tus conocimientos sobre el principio de Le Châtelier.



## 5. Mecanismos de reacción

Observa atentamente las siguientes imágenes.



- ¿Qué información puedes obtener de las imágenes?
- Considerando la información proporcionada por las imágenes, ¿puedes explicar qué método se empleó para armar el rompecabezas?
- ¿Qué relación puedes establecer entre la actividad que acabas de realizar y una reacción química?

Hemos visto y aprendido que las reacciones químicas son procesos en los que las sustancias iniciales sufren transformaciones profundas para convertirse en nuevas sustancias denominadas productos, y, como si esto fuera poco, presentan además una serie de características termodinámicas, que ocurren a velocidades específicas, las que pueden variar bajo ciertas condiciones y en muchas ocasiones alcanzan el equilibrio perfecto.

Cuando miras en una ecuación química, la representación simbólica de estos procesos, ¿crees que es posible identificar y comprender a cabalidad todo lo que se produce a nivel molecular?

En analogía a lo que sucede con las imágenes del rompecabezas, una ecuación química global igualada no indica cómo se produce una reacción, y en muchos casos solo simboliza la suma de las reacciones más simples a nivel molecular, pero no la complejidad total. Por esa razón, surgen los **mecanismos de reacción**, definidos como una secuencia de pasos o etapas elementales que describen cómo se efectuarán los cambios que conducen a la formación de los productos, entre ellos el orden de ruptura y formación de enlaces y los cambios en las posiciones relativas de los átomos en el curso de la reacción.

Los mecanismo de reacción, están formados por uno o varios pasos, dependiendo de la complejidad de la reacción, a los que se denominan **pasos elementales** o **reacciones elementales**, en los cuales es posible observar la **molecularidad**, que corresponde al número de partículas que se unen para formar el complejo activado.

Por ejemplo, la ecuación química que representa la formación del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y del oxígeno ( $\text{O}_2$ ) por la reacción entre el monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ) es:

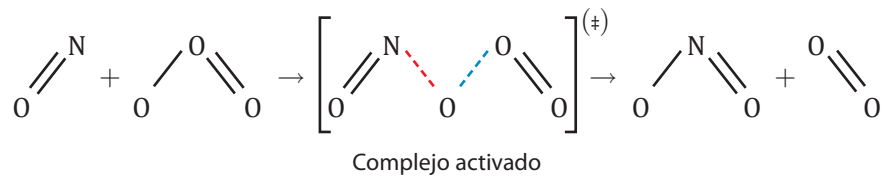


### MÁS QUE QUÍMICA

En los mecanismos de reacción que presentan un proceso elemental, la velocidad es proporcional a la concentración de las especies participantes; por eso, los exponentes de la expresión de la ley de velocidad son iguales a los índices estequiométricos de la ecuación química. Teniendo esto presente, es de mucha importancia no confundir el orden de reacción (que se determina experimentalmente) con la molecularidad (que se refiere a los pasos que constituyen la reacción).



Y el mecanismo de reacción para la misma ecuación es:



### RECUERDA QUE

Un enlace covalente puede ser, sencillo (dos átomos se unen por medio de un par de electrones); doble (dos átomos comparten dos pares de electrones) y triples (dos átomos comparten tres pares de electrones).

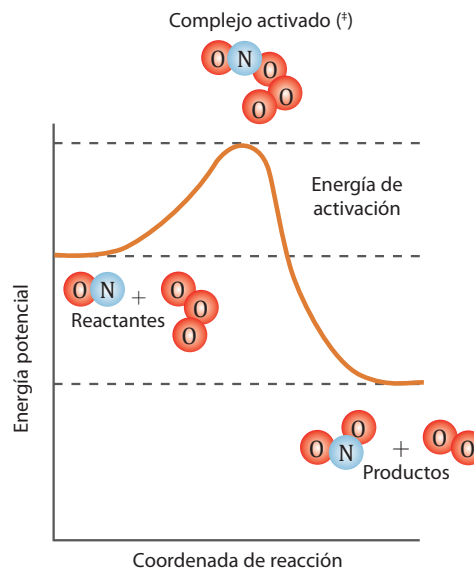
En este mecanismo, observa que:

1. En el complejo activado, las líneas punteadas (---) representan los enlaces que se rompen (en color azul) y los potenciales enlaces que se forman (en el color rojo).
2. El proceso ocurre en un único evento o paso, que se conoce como paso elemental.
3. Se observa claramente el número de moléculas que participan como reactivos en el paso elemental, lo que define la **molecularidad**.
  - Si interviene una sola molécula se denomina **unimolecular**.
  - Si interviene dos moléculas, será **bimolecular** (como el ejemplo que estamos observando)
  - Si son tres las moléculas que reaccionan, será **termolecular**.

Una de las características fundamentales de los procesos elementales es que los exponentes de cada especie en la ley de velocidad son iguales a los coeficientes estequiométricos en la ecuación para esa etapa. Así, para nuestra reacción en estudio, que contiene un único proceso elemental, se tendrá:

Ecuación química	$\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$
Ley de velocidad	velocidad = $k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]$

Su perfil de reacción es el que muestra el siguiente diagrama.



### a. Determinación de los mecanismos de reacción

Establecer los mecanismos de reacción no es una tarea compleja cuando se tienen presentes dos pasos fundamentales: primero, identificar reactantes y productos; segundo, determinar la ley de velocidad.

Para la reacción:

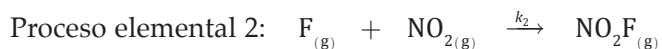
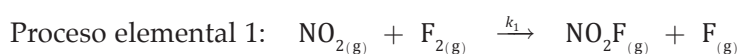


la ley de velocidad es:

$$\text{velocidad} = k \cdot [\text{NO}_2] [\text{F}_2]$$

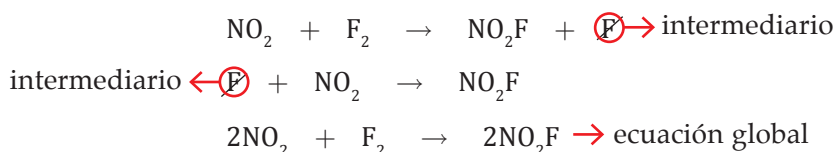
Si la reacción se efectuara en un único proceso elemental, la ley de velocidad debería ser:  $\text{velocidad} = k \cdot [\text{NO}_2]^2 [\text{F}_2]$ , pero este puede ser un supuesto incorrecto. Analicemos el proceso.

Se ha demostrado que los **procesos elementales** para dicha reacción son:

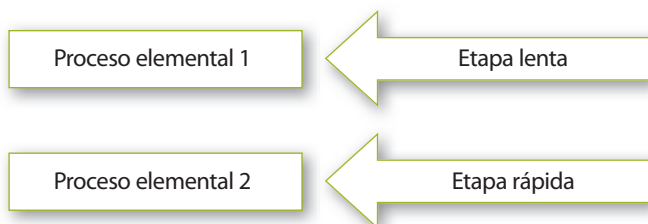


Puesto que el flúor es una molécula muy reactiva que al reaccionar con  $\text{NO}_2$  colisiona de manera tal que un átomo de flúor de la molécula queda libre, el cual reacciona nuevamente con la molécula  $\text{NO}_2$ .

Al sumar ambos procesos elementales, podemos observar que los átomos de flúor se cancelan; son especies denominadas **intermediarias**, que se producen en la primera etapa y se consumen en la segunda, obteniendo la ecuación global del proceso:



El primer proceso elemental de esta reacción resultará ser más lento que el segundo, pues supone romper el enlace F–F, lo que requiere mayor energía de activación. Así:



En el mecanismo de una reacción química, el paso más lento es aquel que determina la velocidad de la reacción; por ello, para la reacción la ley de velocidad será:

$$\text{velocidad} = k_1 \cdot [\text{NO}_2] \cdot [\text{F}_2]$$

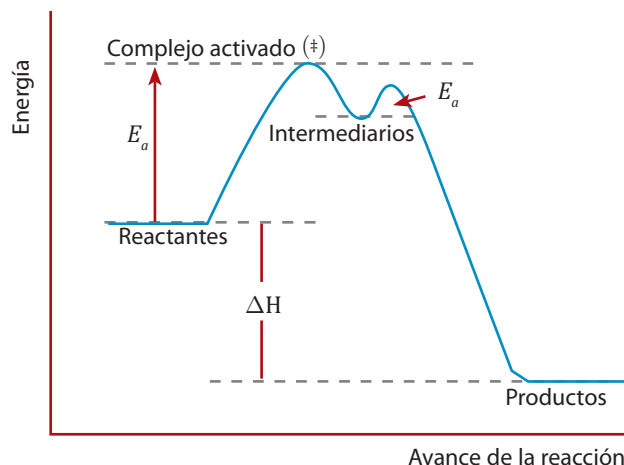




**SABÍAS QUE**

Estudiar y entender los mecanismos de reacción, o las etapas en que se rompen enlaces químicos y se forman otros nuevos, es muy útil al momento de controlar mejor las reacciones en diferentes áreas de la química, al conocer los mecanismos y entender los detalles de otros procesos desconocidos.

Este proceso se puede representar a través del siguiente perfil de la reacción. Obsérvalo atentamente e indica: ¿qué observas? ¿Qué puedes concluir a partir de la información proporcionada?



Como señalamos con anterioridad toda reacción se compone de una serie de uno o más pasos elementales y las ecuaciones de velocidad de estos pasos determinan la ecuación general de velocidad. A partir de lo anterior, es posible establecer la ecuación de velocidad a partir de su mecanismo de reacción y los pasos elementales, pues si se conoce el o los pasos elementales se podrá establecer la ecuación de velocidad respectiva, la que se deduce directamente de la molecularidad de ese paso, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11**  
**Tipos de molecularidad**

Molecularidad	Paso elemental	Ecuación de velocidad
Unimolecular	$A \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A]$
Bimolecular	$A + A \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A]^2$
Bimolecular	$A + B \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A] [B]$
Termolecular	$A + A + A \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A]^3$
Termolecular	$A + A + B \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A]^2 [B]$
Termolecular	$A + B + C \rightarrow \text{productos}$	$v = k [A] [B] [C]$

**Y para terminar...**

Ahora que has terminado de estudiar la unidad de "Cinética y Equilibrio químico", te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha sido lo más significativo que has aprendido de la unidad?
- Con los conocimientos adquiridos, ¿qué nuevas respuestas puedes dar, a las preguntas planteadas al inicio de la unidad?, ¿las recuerdas? Coméntalas nuevamente con tu profesor y compañeros.

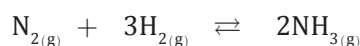


# Proceso de Haber-Bosch

La industria agrícola debe su gran expansión y evolución a la utilización de fertilizantes nitrogenados, formados por sales de amonio. Uno de esos es el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) sustancia inorgánica de gran importancia industrial a nivel mundial. Es utilizado principalmente, como abono, en la industria textil, en la fabricación de explosivos, plásticos, producción de papel, en productos de limpieza, en polímeros, entre otros.

A principios del siglo XX, la principal fuente de obtención de nitrógeno para la síntesis del amoníaco era el salitre; de allí el auge de las salitreras en nuestro país.

Pero en 1909, el fisicoquímico alemán Fritz Haber logró obtener el amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ) y del hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), según la ecuación:

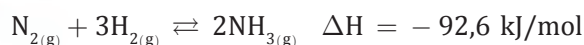


En relación con el principio de Le Châtelier, el proceso de equilibrio será óptimo desde el punto de vista del rendimiento de producto obtenido, en condiciones de baja temperatura y presión elevada. Pero la velocidad de reacción sería extremadamente lenta.

Para que la reacción sea práctica a gran escala, debe tener una mayor velocidad y un alto rendimiento del producto.

Por lo tanto este proceso se realiza entre los 400 a 500 °C, utilizando como catalizador hierro y pequeñas cantidades de potasio y aluminio, a elevadas presiones, obteniendo así un rendimiento de 50 a 70 %.

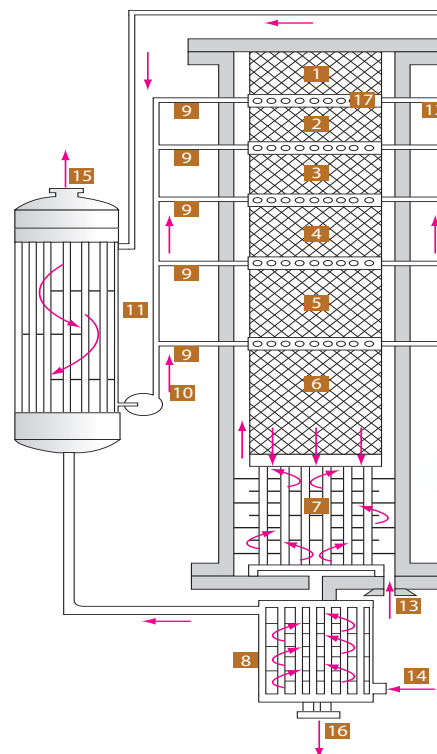
El procedimiento industrial que permite la obtención de esta valiosísima materia prima se denomina Proceso de **Haber-Bosch**, en el que el amoníaco se consigue según la siguiente ecuación:



$$k_{eq} = 4,3 \cdot 10^{-4}$$

Adaptación del texto, que se encuentra en: Fuente: <http://www.escritoscientificos.es/trabla20/carpetas/fhaber/portada.html>

El siguiente esquema muestra a grandes rasgos el proceso de obtención de amoníaco a nivel industrial. Lee y observa atentamente.



- La mezcla de nitrógeno e hidrógeno entra por el punto 13.
- La mezcla fluye por los lechos de catalizador (1 a 6), lo que provoca la síntesis.
- El amoníaco sale por el punto 16.
- La circulación indicada por las flechas a través de las tuberías (7-12, 14, 15 y 17) es realizada para eliminar el calor que se produce en la reacción exotérmica.

## Preguntas para la reflexión

- 1 Considerando la reacción de síntesis del amoníaco en el método de Haber-Bosch, ¿qué factores afectarían el equilibrio para favorecer la formación de amoníaco?
- 2 En el método de Haber-Bosch, ¿se aprecia un equilibrio químico homogéneo o heterogéneo?
- 3 Según los datos de la ecuación química, ¿es un proceso exotérmico o endotérmico?
- 4 Consulta textos de historia o, mejor aún, a un docente de ese sector de aprendizaje y responde: ¿qué relación tiene el método de Haber-Bosch con la caída de la industria salitrera en Chile?

## Habilidades que se desarrollarán:

- Analizar
- Investigar
- Aplicar
- Discutir

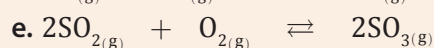
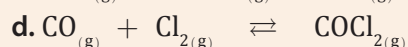
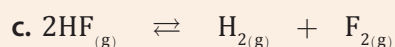
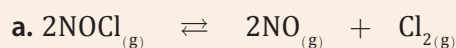
## Revisemos lo aprendido: Tema 1

### I. Cuestionario. Responde brevemente las siguientes preguntas:

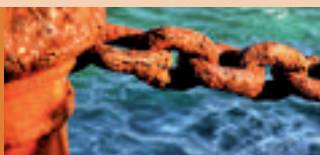
- 1 ¿Qué es la cinética química y cuál es su importancia?
- 2 ¿Cómo se define la velocidad de reacción?
- 3 ¿Existe alguna relación entre las condiciones termoquímicas, la velocidad y el equilibrio químico?
- 4 ¿Qué factores modifican la velocidad de una reacción?
- 5 ¿Cómo se asocia la teoría de las colisiones con los factores que alteran la velocidad de una reacción química?
- 6 ¿Qué es un orden de reacción?
- 7 ¿Cuál es la diferencia entre reacciones químicas reversibles e irreversibles desde el punto de vista químico, cinético y considerando el equilibrio químico?
- 8 ¿Qué es la teoría de las colisiones?
- 9 ¿Qué es el equilibrio químico y qué establece la ley de equilibrio químico?
- 10 ¿Cuál es la diferencia entre los equilibrios homogéneos y los heterogéneos?
- 11 ¿Qué postula el principio de Le Châtelier?
- 12 ¿Qué es un mecanismo de reacción y cuál es su importancia?
- 13 ¿Cómo funciona un convertidor catalítico?

### II. Ejercicios

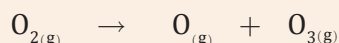
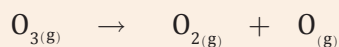
- 1 Para cada una de las siguientes ecuaciones químicas, expresa y determina:
  - I. Velocidad promedio en función de los reactivos.
  - II. Expresión de la ley de velocidad, indicando el orden global de la reacción.
  - III. Expresión de la constante de equilibrio químico.
  - IV. ¿Corresponden a equilibrios homogéneos o heterogéneos? Justifica tu respuesta.



- 2 En la reacción de formación del agua a partir de sus componentes han desaparecido 0,2 mol/L de oxígeno en 3 segundos. ¿Cuál es la velocidad de reacción en ese intervalo de tiempo en función del reactivo y del producto según la ecuación  $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- 3 ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio para la reacción de formación del ácido sulfhídrico según la ecuación  $2\text{H}_{2(g)} + \text{S}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{S}_{(g)}$  producida a 600 °C en un recipiente con capacidad total de 12 litros? Determina la constante de equilibrio, considerando que en dicho estado se encuentran 2,5 mol de  $\text{S}_2$  y  $1,35 \cdot 10^{-5}$  mol de  $\text{H}_2\text{S}$ . Determina  $k_c$  sabiendo que el volumen del recipiente es de 12 litros.
- 4 En la reacción de obtención del etano por hidrogenación del eteno han desaparecido 4 mol/L de eteno durante los primeros 15 segundos de la reacción. Calcula la velocidad de formación del etano, así como las de desaparición del eteno y del hidrógeno.
- 5 La constante del siguiente equilibrio para la reacción de síntesis del amoníaco, a 150 °C y 200 atm, es 0,55. ¿Cuál es la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) cuando las concentraciones de  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  en el equilibrio son 0,20 mol/L y 0,10 mol/L, respectivamente?
- 6 Para la reacción  $2\text{H}_2\text{S}_{(g)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + 2\text{SO}_{2(g)}$ , cuyo  $\Delta H$  es igual a  $-1036$  kJ, justifica cómo se verá afectado el equilibrio en estos casos.
  - a. Al aumentar el volumen del recipiente a temperatura constante.
  - b. Al extraer  $\text{SO}_2$ .
  - c. Al incrementar la temperatura manteniendo el volumen constante.

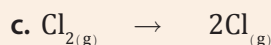
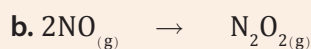


- 7 La transformación del ozono en oxígeno se describe en los siguientes procesos elementales:



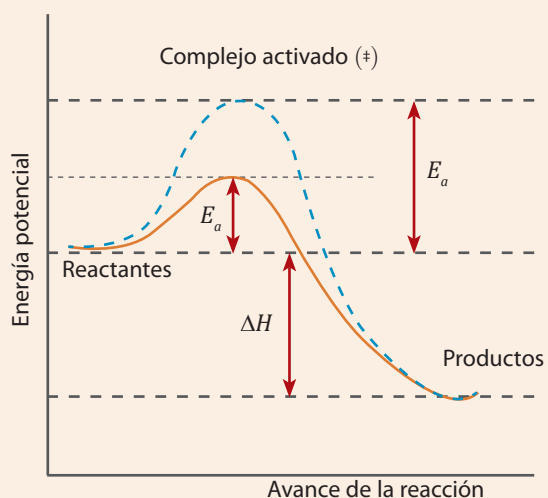
De acuerdo con lo que estos informan:

- ¿Cuál es la molecularidad de cada paso elemental?
  - ¿Cuál es la especie intermediaria?
  - ¿Cuál de los pasos elementales corresponde a la etapa lenta? Justifica tu respuesta.
  - Escribe la ecuación global de la reacción y la ley de velocidad para la misma.
- 8 Escribe la ley de velocidad para cada uno de los procesos elementales que se presentan a continuación y clasifícalos según su molecularidad.



- 9 Determina la constante de velocidad para la reacción de descomposición  $\text{AB} \rightarrow \text{A} + \text{B}$  a  $50^\circ\text{C}$ , sabiendo que a  $45^\circ\text{C}$   $k$  es igual a  $0,0005 \text{ s}^{-1}$ . Considera que la energía de activación para el mecanismo es  $88 \text{ kJ/mol}$ .

- 10 Explica qué informa la siguiente gráfica:



## Autoevaluación

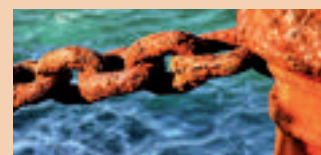
Como parte del proceso de aprendizaje, es fundamental que revises el nivel de logro que observas. Sé honesto(a) al responder. Solo tú sabrás estas respuesta, y su resultado te permitirá revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido completamente logrados.

Marca con una **X** el casillero que corresponda:

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente el aprendizaje.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por Lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para hacerlo.

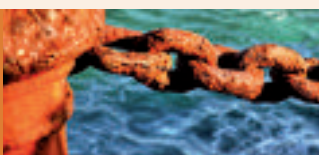
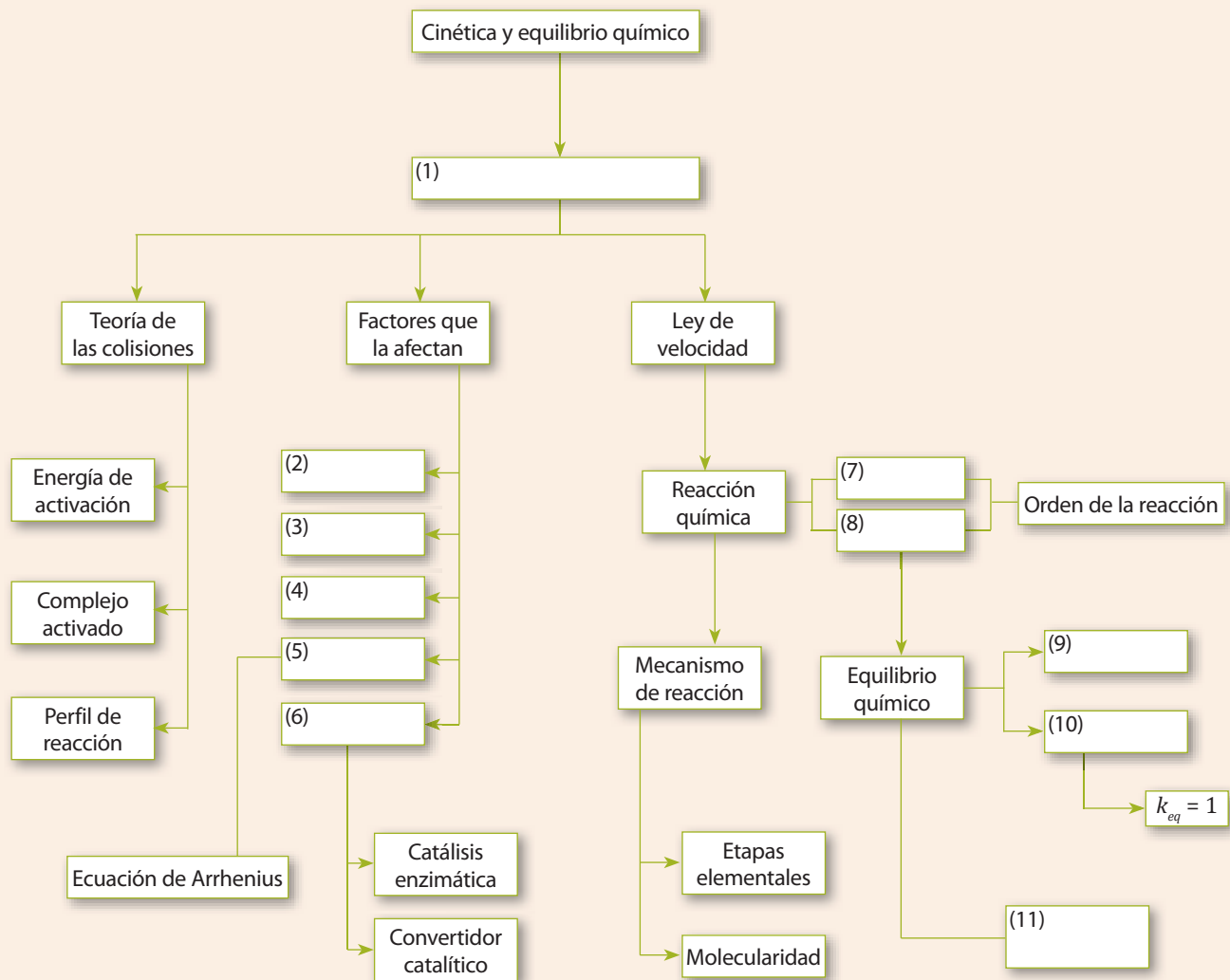
Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Gracias a la actividad desarrollada, considero que la química es una herramienta valiosa para la comprensión de la relación entre el ser humano y su entorno.			
Asocio conceptos como equilibrio y cinética química con la vida cotidiana en situaciones como la alimentación, la producción de energía y la calefacción.			
Comprendo el principio de Le Châtelier.			
Conozco el efecto de la temperatura del sistema, que influye en la velocidad de la reacción.			
Identifico el concepto de mecanismo de reacción.			
Diferencio claramente el concepto de catalizador del de inhibidor.			
Valoro la importancia de los catalizadores, particularmente en la catálisis enzimática de procesos de importancia bioquímica y en los convertidores catalíticos de motores de combustión interna.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L** tras realizar una selección de aquella información más relevante y elaborar un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# Síntesis de la Unidad 2

Observa atentamente el siguiente esquema gráfico, que reúne los conceptos fundamentales estudiados en la unidad. Complétalo indicando los conceptos clave en cada recuadro y explica cada uno de ellos.





## Camino a...

FECHA: / /

NOMBRE: .....

1. Según la cinética química, para que una reacción química ocurra, los átomos o moléculas deben:
- Chocar con la suficiente energía.
  - Chocar con una orientación adecuada.
  - Romper enlaces.
- a. Solo I      c. II y III      e. I, II y III  
b. I y II      d. I y III
2. La velocidad con que se producen las reacciones químicas puede ser modificada por algunos factores. A continuación, se presentan cinco. ¿Cuál de ellos es el incorrecto?
- Masa molecular de los reactantes.
  - Concentración de los reactantes.
  - Estado de división de las especies participantes.
  - Temperatura del sistema.
  - Catalizadores.
3. ¿Cuál de los siguientes efectos no corresponde a la forma en la que se altera el equilibrio de un sistema cuando se agrega un catalizador?
- Se aumenta igualmente la velocidad de la reacción directa y de la reacción inversa.
  - Se incrementa el número de colisiones efectivas.
  - Se modifica el valor de la constante de equilibrio.
  - Permite la creación de moléculas intermediarias que no se forman en las reacciones no catalizadas.
  - Disminuye la energía de activación.
- Considera el siguiente enunciado para responder las preguntas 4 a la 6.
- Si en la reacción de síntesis del amoníaco,  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ , cuyas concentraciones en el equilibrio son 0,683 M para el nitrógeno y 1,05 M para el amoníaco (NH<sub>3</sub>), se añade suficiente amoníaco para que la concentración alcance los 3,65 mol/L:
4. ¿En qué sentido se desplazará la reacción para alcanzar nuevamente el equilibrio?
- Hacia la formación de productos.
  - Hacia la formación de reactivos.
  - No habrá desplazamiento, pues el equilibrio no se ve afectado por el aumento de concentración de amoníaco.
- a. Solo I      c. Solo III      e. I, II y III  
b. Solo II      d. Solo I y II
5. ¿Cuál es la concentración de hidrógeno en el nuevo equilibrio?
- a. 3,65 M      c. 11,06 M      e. 3,05 M  
b. 1,44 M      d. 2,15 M
6. ¿Cuál es la concentración de nitrógeno en el nuevo equilibrio?
- a. 3,05 M      c. 3,65 M      e. 1,44 M  
b. 11,06 M      d. 2,15 M
7. En la reacción  $2\text{PbS}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{PbO}_{(s)} + 2\text{SO}_{2(g)}$ , ¿cuál será la dirección del proceso, si se aumenta la presión y la temperatura se mantiene constante?
- - ←
  - ↔
- a. Solo I      c. Solo III      e. II y III  
b. Solo II      d. I y III
8. La reacción que corresponde a la expresión:  $k = \frac{[\text{NOCl}]^2}{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}$  es:
- $2\text{NOCl}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$
  - $\text{NO}_{(g)} + 2\text{Cl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{NOCl}_{(g)}$
  - $\text{NOCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$
  - $\text{NOCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{(g)}$
  - $2\text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NOCl}_{(g)}$
9. Según la teoría de las colisiones, la energía de activación corresponde a:
- La energía necesaria para que se produzcan choques efectivos.
  - La energía liberada por el sistema al formar productos.
  - La energía gracias a la cual se crea el complejo activado.
  - La energía que fluye desde los reactivos a los productos al romperse y formarse enlaces.
  - La energía absorbida para que se produzcan choques efectivos.
10. Respecto del complejo activado que aparece en el transcurso de una reacción química, es correcto afirmar que:
- Su contenido energético es mayor que el de los productos y también mayor que el de los reactivos.
  - Su contenido energético es la media aritmética entre los contenidos energéticos de los reactivos y el de los productos.
  - Su contenido energético es mayor que el de los productos, pero menor que el de los reactivos.
  - Su contenido energético es menor que el de los productos, pero mayor que el de los reactivos.

# UNIDAD 3

## REACCIONES DE TRANSFERENCIA



### Introducción

Las reacciones químicas juegan un rol fundamental en nuestra vida cotidiana. Es muy probable que si te solicitamos que imagines reacciones químicas, inmediatamente aparezcan en tu mente imágenes de combustión, explosiones, efervescencia, entre otras. Algunas reacciones químicas, no son evidentes a nuestra vista, pero otras sí. Su conocimiento y comprensión es fundamental para entender una serie de acontecimientos cotidianos.

Las reacciones de transferencia son todas aquellas en las que se intercambia una especie entre los reactivos, dando paso a la formación de nuevas sustancias denominadas productos. Se clasifican como ácido-base y redox. En las primeras se intercambian iones hidrógeno provocando cambios en la concentración de las especies y en las segundas, se produce el intercambio de electrones, desde una sustancia que los cede, a otra que los capta.

### Discutamos el tema

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Qué idea tienes acerca del concepto de ácido y base?, ¿has escuchado estos términos antes?
- ¿Qué aplicaciones crees que tienen las reacciones ácido base?
- ¿Has escuchado sobre los términos "oxidación o reducción"? ¿qué entiendes sobre ellos?
- ¿Qué relación puedes establecer entre cada una de las imágenes presentadas y el estudio de las reacciones de transferencia?





### *Al finalizar esta unidad serás capaz de:*

- Comprender los principios y leyes básicas que explican las reacciones ácido- base.
- Interpretar y describir el comportamiento de diferentes sustancias, a partir de las teorías ácido-base de Arrhenius, Brönsted- Lowry y Lewis.
- Procesar, interpretar datos y formular explicaciones, para interpretar el comportamiento de las sustancias, a través de las teorías ácido- base.
- Descripción de fenómenos ácido-base como la hidrólisis, neutralización.
- Describir la función que cumplen las soluciones amortiguadoras en procesos biológicos de los seres humanos y en la lluvia ácida.
- Descripción de las reacciones de óxido reducción, incluyendo el respectivo ajuste por el método del ión-electrón.
- Descripción de fenómenos provocados por la variación de las concentraciones de reactantes y productos en procesos biológicos y de aplicación industrial.

### **¿Para qué?**

- Identificar sustancias ácidas y básicas que están a nuestro alrededor, como por ejemplo, en los alimentos que consumimos o en la contaminación del aire y en los productos de limpieza que utilizamos diariamente, etc.
- Comprender que las reacciones ácido-base, ocurren en muchos procesos importantes de los sistemas biológicos y químicos.
- Comprender que las reacciones de oxidación y de reducción, siempre se llevan a cabo al mismo tiempo y que forman parte de muchos procesos que se llevan a cabo en nuestro entorno, tanto a nivel biológico, tecnológico e industrial

# TEMA 1

## Reacciones ácido-base y sus aplicaciones

### En este tema estudiarás:

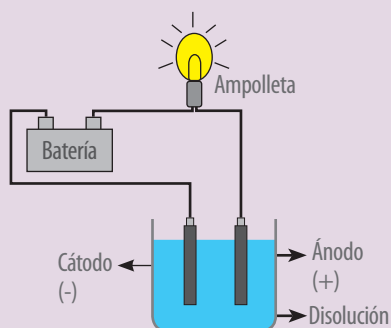
- Sustancias ácido – base.
- Teorías ácido – base.
- Auto ionización del agua.
- El pH
- Indicadores ácido-base.
- Fuerza de ácidos y bases.
- Hidrólisis.
- Neutralización.
- Titulaciones ácido-base.
- Amortiguadores.

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Disoluciones electrolíticas y no electrolíticas.

### Y para comenzar...

En el laboratorio un grupo de estudiantes emplea el siguiente dispositivo para clasificar sustancias como electrolitos y no electrolitos:



En la fuente disponen distintas sustancias y disoluciones, registrando en la tabla sus observaciones y conclusiones. Lee atentamente y responde los cuestionamientos planteados:

Sustancias o mezclas	Observación	Conclusión
Agua destilada	La ampolleta no prende	No electrolito
Agua potable	La ampolleta prende débilmente	Electrolito débil
Agua con sal	La ampolleta prende con mucha intensidad	Electrolito fuerte
Acondicionador con agua destilada	La ampolleta no prende	No electrolito

1. ¿Qué asociación existe entre la observación experimental y la conclusión?
2. ¿Por qué clasifican las sustancias como electrolito o no electrolito?
3. ¿Qué es un electrolito y qué un no electrolito?, ¿cuál es su diferencia?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Recuerdo que es una disolución y cómo está formada?			
¿Entiendo que es un electrolito y un no electrolito?			
¿Comprendo por qué algunas disoluciones son conductoras de electricidad?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## Ácidos y bases

### Introducción

Los ácidos y las bases son sustancias que están presentes en el equilibrio interno de los seres vivos. Las características que experimentalmente permiten clasificarlas, considerando su sabor y reactividad, entre otros, serán estudiadas en el presente laboratorio, con el objetivo de reconocer un ácido y una base por reactividad.

### Paso 1: Exploración

Observen atentamente la tabla que se presenta a continuación. En ella se describen algunas características operacionales de estas sustancias.

Criterios operacionales	Ácidos	Bases
Sabor	Cítrico	Amargo
Reacciones características	Reacciona con metales	No reacciona con metales
	No reacciona con grasas	Reacciona con grasas
En presencia de fenolftaleína	Permanece incoloro	Se torna fucsia

### Paso 2: Preguntas de exploración

En este laboratorio trabajarán con dos sustancias, el ácido clorhídrico (HCl) y el hidróxido de sodio, conocido también como soda cáustica (NaOH)

Considerando la información entregada en la tabla anterior, algunas preguntas de investigación serían: ¿habrá reacción al mezclar HCl con un trozo de cinc metálico? ¿Qué color tendrá la reacción entre el NaOH y la fenolftaleína?

Formulen otras preguntas de investigación.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Las respuestas a las preguntas formuladas corresponden a inferencias que serán sometidas a pruebas, gracias al diseño experimental. Ejemplos de hipótesis experimentales son: "Al mezclar HCl con cinc, no habrá reacción; por ende, el HCl se considera una base" o, por el contrario, "Al mezclar HCl con cinc, habrá reacción; por ende, el HCl se considera un ácido".

### Paso 4: Diseño experimental

#### Ensayo 1: Reacción con metales

- 1 En dos tubos de ensayo distintos, dispongan 2 mL de HCl y NaOH.
- 2 A cada tubo agreguen una granalla de cinc y registren sus observaciones.

#### Ensayo 2: Reacción con grasas

- 1 Repitan el paso 1 del ensayo anterior.
- 2 A cada tubo agreguen un trozo pequeño de grasa. Registren sus observaciones.

#### Ensayo 3: Fenolftaleína

- 1 Repitan nuevamente el paso 1 del Ensayo 1. A cada tubo agreguen dos gotas de fenolftaleína y registren sus observaciones.
- 2 Reúnan el contenido de ambos tubos en uno solo. ¿Qué observan?

#### Ensayo 4: Papel tornasol.

- 1 Sobre una hoja de papel blanco, dispongan dos trozos de papel tornasol.
- 2 Sobre uno de ellos depositen una gota de HCl y sobre el otro una gota de NaOH. Registren sus observaciones.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Identificar
- Clasificar
- Reflexionar
- Plantear hipótesis
- Predecir
- Investigar
- Registrar, analizar y comunicar resultados

### Materiales

- Seis tubos de ensayo
- Gradilla
- Gotario
- Pipetas graduadas de 5 o 10 mL
- Pinza de madera
- Papel tornasol

### Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) 1M
- Ácido clorhídrico (HCl) 1M
- Granallas de cinc
- Fenolftaleína
- Un trozo de grasa





**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajen con cuidado, ya que estarán en contacto con dos sustancias que producen quemaduras. No tomen contacto directo con ellas. Si eso sucede, consulten a su profesor o profesora. Es peligroso incluso comprobar el tacto jabonoso de algunas bases, ya que pueden producir quemaduras. Para agregar volúmenes de estas sustancias, tomen los tubos con las pinzas de madera.

Trabajarás con sustancias riesgosas y, en algunos casos, corrosivas para los metales, razón por la cual no se deben eliminar a través del desagüe, como lo harías con el agua, por ejemplo. Entrega las disoluciones trabajadas en la actividad al docente, quien procederá a eliminarlas según el protocolo establecido en el laboratorio.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren las observaciones del trabajo experimental en su cuaderno. Para ello pueden elaborar una bitácora de registro, indicando por cada ensayo qué observaron. Además, pueden, si los medios lo permiten, tomar fotografías o grabar para registrar la experiencia.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Una vez registradas las observaciones, deben organizarlas para su interpretación, lo que posteriormente hará posible el análisis. Para ordenar los datos se pueden utilizar diversos métodos: tablas, fichas de registro, gráficos, entre otros.

Ensayo	Reacción con metales	Reacción con grasas	Fenolftaleína	Papel tornasol
HCl				
NaOH				

**Paso 7: Análisis de datos**

Considerando las observaciones y la información, los invitamos a responder las siguientes preguntas.

- 1 ¿Cómo se clasifican (ácido o base) el HCl y el NaOH de acuerdo con las observaciones?
- 2 ¿Cuál de los ensayos les parece más apropiado para reconocer ácidos o bases? Justifiquen sus respuestas.
- 3 ¿Cómo explican lo observado al reunir en un solo recipiente las muestras con fenolftaleína?
- 4 Según el color del papel tornasol, ¿cuál es el pH de las especies?
- 5 Investiguen qué es el pH.
- 6 ¿Por qué se recomienda mezclar el NaOH con el HCl antes de eliminarlos?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

En este paso se establecen las relaciones entre lo inferido, la información obtenida de diversas fuentes y los resultados.

Pueden concluir respecto a las propiedades operacionales para identificar ácidos y bases escribiendo en el cuaderno la información que resuma estos conceptos. Posteriormente, elaboren un panel informativo.

**Paso 9: Evaluación del trabajo**

Para evaluar el trabajo realizado, marca la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar?			
¿Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo?			
¿Puedo reconocer ácidos o bases mediante diversos métodos experimentales?			



# 1. Sustancias ácido – base

Observa las siguientes imágenes, y según tus conocimientos previos sobre los conceptos que tienes de ácido y base, clasifica las imágenes como ácidos o bases:



- Según tu clasificación, ¿qué características crees que tienen en común las sustancias ácidas y básicas?
- Qué otras sustancias o productos que están en tu entorno, podrías clasificar cómo ácido o base?

El concepto **ácido** puede resultar bastante conocido para nosotros. Es más, probablemente lo empleas para referirte a ciertas características como el sabor del limón o de las naranjas. En cambio, el concepto **base** no suele emplearse con tanta cotidianeidad; sin embargo, en el hogar se usan bases como el hidróxido de sodio, comúnmente conocido como soda cáustica, para destapar desagües.

De hecho, un gran número de sustancias químicas reciben la categorización de ácidos y bases producto de su comportamiento, y se catalogan según su pH, concepto también conocido por nosotros. No resulta extraño que en el comercio se busquen jabones, champús, cremas, e incluso, alimentos de pH neutro pero ¿sabes qué características tienen aquellas sustancias de pH neutro? ¿qué las hace tan especiales, que incluso en las propagandas de televisión los anunciantes incluyen el concepto?

A partir de los ejemplos mencionados, es imposible negar que las sustancias ácidas y básicas estén presentes en nuestro diario vivir. Las consumimos y, más aún, nuestro organismo depende de sistemas ácido base y registros de pH para funcionar correctamente.

Por ejemplo, nuestro sistema digestivo realiza uno de sus procesos más importantes gracias al jugo gástrico, cuya condición más conocida es tener un pH muy ácido.

En síntesis, los ácidos y bases cumplen un rol extraordinariamente importante en nuestra vida. Gracias a su conocimiento, análisis y comprensión es posible que descubras un sinnúmero de respuestas a fenómenos tan cotidianos como el “ardor de estómago”.

## MÁS QUE QUÍMICA

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia, concepto que estudiaremos más adelante.



Los ácidos y las bases tienen propiedades que nos permiten distinguirlos operativamente, como las que se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 12**  
**Comportamiento de ácidos y bases**

Aspecto	Comportamiento Ácido	Comportamiento Base
Sabor	Cítrico, agrio.	Amargo.
Reacción con metal.	Reacciona con algunos metales, desprendiendo hidrógeno gaseoso.	No reacciona con algunos metales.
Reacción con grasas y materia orgánica.	No presenta.	Sí presenta.
Fenolftaleína (Compuesto llamado indicador que cambia de color en presencia de un ácido o una base)	No cambia el color de la fenolftaleína (incolore)	Cambia el color de la fenolftaleína a fucsia.

A partir de lo descrito en la tabla:

- ¿Podrías explicar por qué algunas joyas de plata y adornos metálicos se limpian con disoluciones de ácidos débiles para que brillen?
- ¿Por qué se usará soda cáustica en lugar de ácido muriático (ambos disponibles en ferreterías) para limpiar desagües?

Es importante estudiar los ácidos y las bases para identificarlos dentro de una amplia gama de sustancias que se encuentran en nuestro entorno. Como ya lo hemos mencionado, son o forman parte, de alimentos, medicamentos, productos de limpieza, etc. También, son productos importantes a nivel industrial, muchos de ellos se utilizan para la fabricación de otros productos, por ejemplo en la agricultura y en la industria farmacéutica.



En el sitio

<http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/1-cdquimica-tic/CTSA/AcidosYBasesdeLaVidaDiariaB.pdf>  
podrás encontrar información sobre la importancia de los ácidos y las bases en la vida diaria.



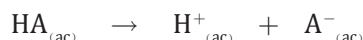
## 2. Teorías ácido – base

Muchos químicos intentaron responder una pregunta ¿qué es un ácido? La respuesta se obtuvo gracias a los químicos Svante Arrhenius, Johannes Nicolaus Brønsted, Thomas M. Lowry y S. Lewis, quienes contribuyeron enormemente en lo que es la teoría de los ácidos y bases, gracias a experimentos que hacían con la ayuda del papel tornasol, un papel impregnado de una disolución que cambia de color según distingue a una base o a un ácido.

### a. Teoría de Arrhenius

En 1887, el científico sueco **Svante Arrhenius** elaboró su teoría de disociación iónica, en la que establecía que hay sustancias (electrolitos) que en disolución se disocian. A partir de ella se establece, por primera vez, la siguiente definición para las sustancias ácidas y básicas:

- **Ácido:** Es una sustancia que en disolución acuosa libera iones hidrógeno ( $H^+$ ) o protones. Según la ecuación general:

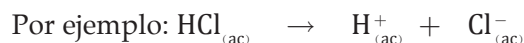
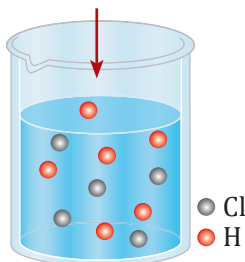


Donde:

$H^+$  corresponde al ión hidrógeno con carga positiva (+1).

$A^-$  corresponde a un no metal o un anión con carga negativa (-1).

Molecularmente



- **Base:** Es la sustancia que en disolución acuosa se disocia, liberando iones hidroxilos ( $OH^-$ ). Según la ecuación general:

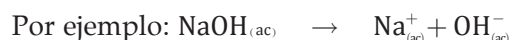
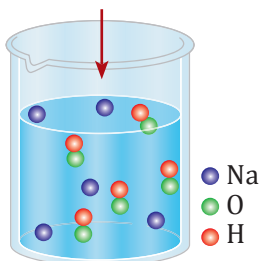


Donde:

$B^+$  corresponde a un metal de carga positiva (+1).

$OH^-$  corresponde al grupo hidroxilo, de carga negativa (-1).

Molecularmente



### MÁS QUE QUÍMICA



**Svante A. Arrhenius**  
(1859-1927)

Científico sueco que realizó el grado académico doctoral en la Universidad de Uppsala, de donde se recibió en 1884. Durante sus estudios investigó las propiedades conductoras de las disoluciones electrolíticas, formulando en su tesis doctoral La Teoría de disociación electrolítica, por la cual se le otorgó el Premio Nobel de Química en 1903.

### RECUERDA QUE

Un electrolito es una sustancia que en disolución acuosa, se comporta como conductor eléctrico.

Los electrolitos pueden ser débiles o fuertes, según estén parcial o totalmente ionizados o disociados en medio acuoso.



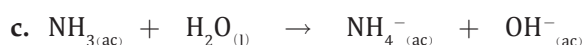
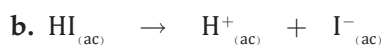
## RECUERDA QUE

- Un catión es un ión con carga positiva, que ha perdido electrones, por ejemplo:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$
- Los electrones de valencia, son los electrones que se encuentran en el mayor nivel de energía de un átomo y que participan en los enlaces químicos.

No obstante, los aportes de Arrhenius a la descripción de ácidos y bases se ve restringida, pues no todas aquellas sustancia que contienen hidrógeno son ácidos, como por ejemplo el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) cuyo comportamiento operativo es básico, es decir, reacciona con grasas, no con metales y en la fenolftaleína se torna fucsia en su presencia. Como podrás observar el ión hidrógeno ( $\text{H}^+_{(\text{ac})}$ ) es un protón sin electrón de valencia (fue liberado para ser catión). Dicha partícula con carga positiva actúa fuertemente con los pares electrónicos desapareados de las moléculas del agua para formar iones hidrógeno hidratados o comúnmente conocido como ión hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{ac})}$ )

Se usan los símbolos  $\text{H}^+_{(\text{ac})}$  y  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{ac})}$  indistintamente, para representar lo mismo: el protón hidratado al que se deben las propiedades características de las disoluciones acuosas de ácidos. Suele emplearse el ión  $\text{H}^+_{(\text{ac})}$  para simplificar y por conveniencia, aún cuando  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{ac})}$  es más correcta y acorde a la realidad.

Observa atentamente las ecuaciones químicas que se presentan a continuación y clasifícalas como ácidas o básicas según la teoría de Arrhenius:



En la ecuación c. según su comportamiento, ¿el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se clasifica cómo ácido o base?, ¿qué puedes decir respecto a este compuesto, considerando que está formado por hidrógeno?

Como puedes ver, la teoría de Arrhenius se limita a disoluciones acuosas (ac) y explica el comportamiento básico solo de compuestos denominados “hidroxilos” pero no de otras bases cuya constitución es distinta, como es el caso del amoníaco ( $\text{NH}_3$ )



¿Cómo se ha desarrollado mi proceso de aprendizaje?

Reflexiona y comenta junto a otro estudiante las siguientes preguntas:

- ¿Sé diferenciar entre sustancias ácidas y básicas?, ¿identifico sustancias ácidas y básicas que se encuentran en mi entorno?,
- ¿presento interés por indagar en diferentes fuentes, para así, mejorar mi proceso de aprendizaje?

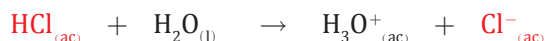




## b. Teoría de Brønsted – Lowry

Otra de las teorías fundamentales en ácidos y bases es la que plantearon en 1923 los químicos **Johannes Brønsted** y **Thomas Lowry** en forma independiente. Proponen una definición más general para ácidos y bases, basándose en una idea revolucionaria “las reacciones ácido – base implican transferencia de iones hidrógeno de una sustancia a otra.

- **Ácido:** Es una sustancia que en disolución puede donar uno o más protones (iones  $H^+$ ) Observemos por ejemplo el comportamiento del ácido clorhídrico en la siguiente ecuación:

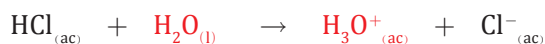


que también es correcto expresar como:  $HCl_{(ac)} \rightarrow H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$

Comparando las especies presentadas en letras rojas, ¿qué observas?

El HCl, presente en disolución acuosa se disocia para generar como productos iones cloruro ( $Cl^-$ ) e iones hidronio ( $H_3O^+$ ), para lo cual ha cedido o liberado un ión hidrógeno a la disolución.

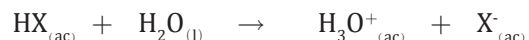
- **Base:** Es una sustancia que en disolución capta protones (iones  $H^+$ ). Mirando el mismo ejemplo anterior, observaremos el comportamiento del agua:



Comparando las especies presentadas en letras rojas, ¿qué observas?

El  $H_2O$  presente en los reactivos forma el ión hidronio ( $H_3O^+$ ) para lo cual ha captado un ión  $H^+$

A diferencia de la teoría de Arrhenius, como ya se indicó, la de Brønsted-Lowry señala que las sustancias ácidas y básicas son complementarias entre sí al establecer una relación entre la capacidad de ciertas especies de donar (ácido) y aceptar (base) protones, como muestra el siguiente mecanismo general:



Mira el mecanismo atentamente, ¿qué puedes deducir de él? Clasifica cada especie de los reactivos como ácido o base según corresponda.

¿Qué sucedería si el proceso se invierte?, ¿cuál sería la clasificación de los nuevos reactantes?

¡Muy bien!,

- En la reacción directa, HX dona un protón al  $H_2O$ , por tanto, HX es el ácido y el  $H_2O$  es la base.
- La reacción inversa, el  $H_3O^+$  dona un protón al ión  $X^-$ , de modo que  $H_3O^+$  es el ácido y  $X^-$  es la base. Cuando el ácido HX dona un protón, queda una sustancia,  $X^-$ , capaz de actuar como base. Análogamente, cuando  $H_2O$  actúa como base, genera  $H_3O^+$  que actúa como ácido.

### MÁS QUE QUÍMICA

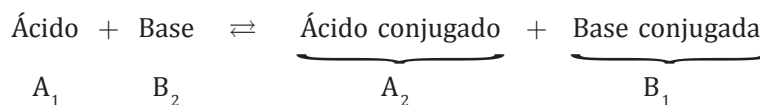


**Thomas Lowry**  
(1874-1963)

Químico británico, conocido por sus estudios sobre las reacciones entre ácidos y bases. De todas sus investigaciones, la que mayor celebridad le ha producido es su teoría de ácidos y bases que introdujo simultánea e independientemente de Brønsted, en 1923, al formular unas definiciones de ácido y base en donde un ácido es cualquier ión o molécula capaz de producir un protón, mientras que una base es cualquier ión o molécula capaz de aceptar un protón: se trata de la denominada Teoría de Brønsted-Lowry.



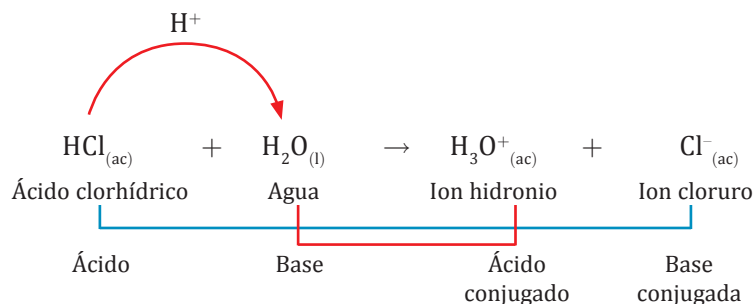
Un ácido y una base, por ejemplo  $HX$  y  $X^-$ , que difieren solo en la presencia o ausencia de un protón, constituyen un **par conjugado ácido-base**. Todo ácido tiene una base conjugada, que se forma quitando un protón al ácido y toda base tiene un ácido conjugado asociado a ella, que se forma agregando un protón a la base. Así, en toda reacción ácido-base (de transferencia de protones) se identifican dos conjuntos de pares conjugados ácido-base, como se muestra a continuación:



## EJERCICIO RESUELTO

### Ejercicio 1:

Observemos nuevamente la reacción del ácido clorhídrico ( $HCl$ ), constituyente primordial del jugo gástrico, cuya reacción química con el agua se expresa por la siguiente ecuación química, en la cual identificaremos ácidos, bases y pares conjugados:



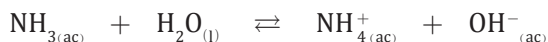
Observando la ecuación propuesta, analicemos:

- La molécula de  $HCl$ , libera un  $H^+$  al medio convirtiéndose en la especie iónica  $Cl^-$ . En este caso, el  $HCl$  se comporta como un ácido en disolución acuosa, ya que cede protones al medio.
- La molécula de  $H_2O$  capta el  $H^+$  liberado por el  $HCl$ , para así convertirse en la especie  $H_3O^+$  (ion hidronio). Por lo tanto, el  $H_2O$  se comporta como una base en disolución acuosa ya que capta protones desde el medio.

### Ejercicio 2:

El amoníaco ( $NH_3$ ) es empleado como abono y es producido naturalmente en el suelo por bacterias. La fertilidad del suelo aumenta considerablemente debido a la reacción química que se produce entre el amoníaco y el agua, para dar paso a la formación del ión amonio ( $NH_4^+$ ), compuesto esencial en la nutrición de las plantas.

Observa atentamente la ecuación química, ¿qué información puedes obtener de ella?



- ¿Qué sucede cuando el amonio se transforma en amoniaco?, ¿cómo sucede?
- ¿Qué sucede con el agua?



- ¿Cuál es el ácido, cuál es la base y cuáles sus respectivos pares conjugados?
- Observa comparativamente el comportamiento del agua en la ecuación con  $\text{NH}_3$  y en la que reacciona con  $\text{HCl}$ , ¿qué puedes concluir respecto al agua?

Acabas de descubrir una de las propiedades químicas más importantes del agua, su capacidad para actuar ya sea como ácido o como base de Brönsted, según las circunstancias. En presencia de un ácido, el agua actúa como receptor de protones; en presencia de una base, el agua actúa como donador de protones. De hecho, una molécula de agua puede donar un protón a otra molécula de agua, lo que estudiaremos más adelante en "auto ionización del agua"

La capacidad de comportarse como ácido o base según sea necesario se denomina comportamiento **anfótero**.

Aunque la teoría de Brönsted – Lowry mejora la comprensión de las sustancias ácido – base, permanece aún una limitación. No explica el comportamiento ácido – base de compuestos que no ceden ni captan iones de hidrógeno, como por ejemplo el trifluoroborano ( $\text{BF}_3$ )

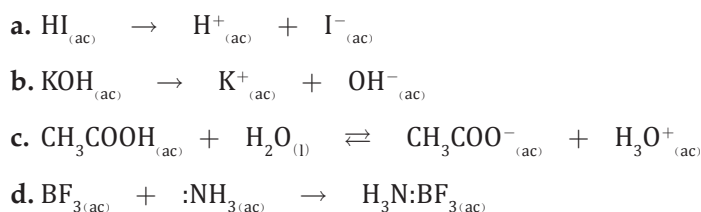


En el sitio

[http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/isolda/seminarios/acido\\_base.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/isolda/seminarios/acido_base.pdf) podrás encontrar información complementaria, sobre las teorías ácido-base.

### c. Teoría de Lewis

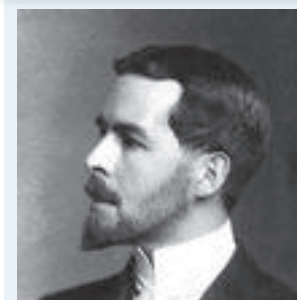
Observa atentamente las siguientes ecuaciones químicas:



- Según la información estudiada anteriormente, ¿qué puedes decir de cada una de las ecuaciones?
- Clasifica las sustancias de cada una de las reacciones, como ácido o base, según corresponda. ¿Según que teoría has clasificado las especies?
- ¿Qué puedes concluir respecto a la aplicación de las teorías ácido – bases estudiadas hasta aquí?

**Gilbert Newton Lewis** químico estadounidense formuló en 1938 la teoría del enlace covalente donde propuso que no todas las reacciones ácido – base implican transferencia de protones, pero forman siempre un enlace covalente dativo, ampliando el modelo ácido – base, lo que resulta de gran importancia en la química orgánica ya que el concepto de Lewis además identifica como ácidos ciertas sustancias que no contienen hidrógeno y que tienen la misma función que los ácidos comunes que contienen hidrógeno.

### MÁS QUE QUÍMICA



**Gilbert Newton Lewis**  
(1875 – 1946)

Químico estadounidense, que se graduó en la universidad de Harvard. Trabajó en el Instituto de Tecnología de Massachusetts y luego fue profesor de la Universidad de California.

Estableció la teoría sobre los enlaces químicos y una definición para ácido y base.

En 1916 Lewis promulgó una teoría sobre determinados enlaces químicos denominados "enlaces covalentes", que se generan entre elementos no metálicos que presentan cuatro o más electrones de valencia, sin llegar a ocho. Lewis también llevó a cabo investigaciones en el campo de la termodinámica química.



### RECUERDA QUE

- El enlace covalente dativo (o coordinado) se produce cuando un átomo cede el par de electrones y el otro átomo los recibe.
- Regla del octeto: Cuando los átomos forman enlaces, ganan, pierden o comparten electrones, para alcanzar una configuración electrónica estable con ocho electrones de valencia.

- **Ácido:** Sustancia que puede aceptar un par de electrones de otros grupos de átomos, para formar un enlace covalente dativo, para lo cual debe tener su octeto de electrones incompleto, es decir, un orbital desocupado dispuesto a recibir un par de electrones provenientes de la base.

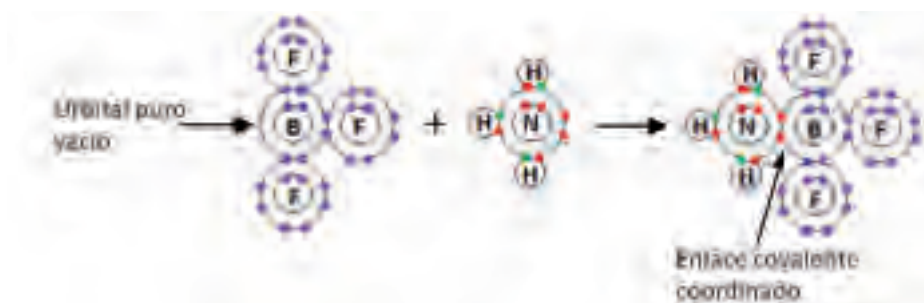
El protón ( $H^+$ ) por ejemplo, tiene vacío el orbital 1s y en él es posible alojar el par de electrones, se considera un ácido.

Se entiende entonces que todos los ácidos de Brönsted son ácidos de Lewis, pero, no todos los ácidos de Lewis son de Brönsted.

- **Base:** Sustancia que tiene pares de electrones libres (sin compartir), capaces de ser donados para formar enlaces covalentes dativos. Tiene octetos completos.

Analicemos el siguiente ejemplo, para explicar cómo se comporta un ácido y una base de Lewis.

Observa la siguiente ecuación química  $BF_{3(ac)} + :NH_{3(ac)} \rightarrow H_3N:BF_{3(ac)}$  y el esquema que representa el proceso:



- ¿Cuál es el comportamiento del trifluoroborano ( $BF_3$ ) según lo descrito en el esquema?, ¿actúa como un ácido o una base de Lewis?
- El  $BF_3$  ¿es un ácido de Brönsted?, ¿cuál es el fundamento de tu respuesta?

### MÁS QUE QUÍMICA

En este tipo de reacciones químicas, el ácido se llama electrófilo y la base se llama nucleófilo.

Finalmente, podemos decir que el trifluoroborano ( $BF_3$ ) actúa como un ácido según la teoría de Lewis, ya que es la especie que acepta el par de electrones del amoníaco y este último, actúa como la base de Lewis, formando así el enlace covalente coordinado.

Las teorías ácido base, buscan relacionar las propiedades de los compuestos, con su composición y estructura. Los compuestos se estudian según el tipo de enlace que presentan, al encontrarse en disolución acuosa.



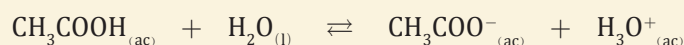
**DESAFÍO**
**Habilidades a desarrollar:**

- Analizar
- Identificar
- Aplicar
- Clasificar

- 1 Completa la siguiente tabla resumen, analizando los aspectos más relevantes de las teorías ácidos – base de Arrhenius, Brönsted Lowry y Lewis.

Aspectos	Teorías		
	Arrhenius	Brönsted - Lowry	Lewis
Característica del ácido	Cede H <sup>+</sup> en disolución acuosa		Capta electrones
Característica de la base		Acepta o capta H <sup>+</sup>	
Ecuación global ácido	HA → H <sup>+</sup> + A <sup>-</sup>		
Ecuación Global base		X <sup>-</sup> + H <sub>2</sub> O → HX + OH <sup>-</sup>	
Limitación			Teoría general
Ejemplo de base	NaOH <sub>(ac)</sub> → Na <sup>+</sup> <sub>(ac)</sub> + OH <sup>-</sup> <sub>(ac)</sub>		

- 2 Observa la siguiente ecuación química y luego responde las preguntas:



- a. Según la teoría de Arrhenius, ¿se puede identificar la base?
- b. ¿Cuál es el ácido de Brönsted?
- c. ¿Cuál es la base, según la teoría de Lewis?
- d. Según la teoría de Brönsted, ¿cuál es la base conjugada?

- 3 En las siguientes ecuaciones químicas, identifica ácidos, bases y especies conjugadas cuando corresponda. Además indica, cuál es la teoría empleada en cada caso. Para ello señala “Ácido de Arrhenius”, “Ácido de Brönsted”, “Base de Lewis”, etc.

- a.  $\text{HNO}_{3(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{+}_{(ac)} + \text{NO}_3^{-}_{(ac)}$
- b.  $\text{KOH}_{(ac)} \rightarrow \text{K}^{+}_{(ac)} + \text{OH}^{-}_{(ac)}$
- c.  $\text{HClO}_{4(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{+}_{(ac)} + \text{ClO}_4^{-}_{(ac)}$
- d.  $\text{HF}_{(ac)} \rightarrow \text{H}^{+}_{(ac)} + \text{F}^{-}_{(ac)}$
- e.  $\text{LiOH}_{(ac)} \rightarrow \text{Li}^{+}_{(ac)} + \text{OH}^{-}_{(ac)}$
- f.  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(ac)} + \text{NH}_{3(ac)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(ac)} + \text{NH}_4^{+}_{(ac)}$
- g.  $\text{H}_2\text{SO}_{4(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HSO}_4^{-}_{(ac)} + \text{H}_3\text{O}^{+}_{(ac)}$
- h.  $\text{AlCl}_3 + \text{Cl}^{-} \rightarrow \text{AlCl}_4^{-}$



¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?

¿Comprendo y puedo diferenciar los conceptos asociados para las teorías de ácido- base?, ¿puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos?



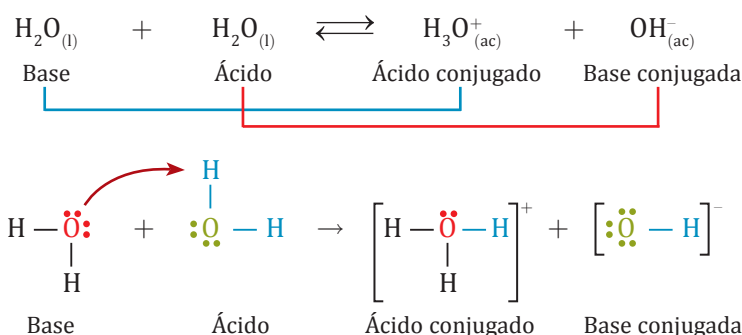


### 3. Auto ionización del agua

Responde las siguientes preguntas junto otro estudiante:

- ¿A qué asocias la palabra “ionización”?
- Según la respuesta formulada anteriormente ¿qué significa “auto ionización”?
- ¿Cómo crees que se podría “auto ionizar el agua”? Explica.

El agua pura es un electrolito muy débil, es decir, presenta una conductividad eléctrica muy baja, que se puede medir con aparatos muy sensibles. La conductividad se define como la presencia de iones en disolución (positivos y negativos) que pueden transportar corriente eléctrica. El fenómeno anteriormente descrito indica que en el agua deben existir iones y, por lo tanto, puede ionizarse, aunque sea en pequeña proporción. En ese contexto y considerando que el agua es anfótera, se establece que el agua es capaz de auto ionizarse, actuando como ácido y base, así una molécula de agua puede donar un protón a otra molécula de agua, proceso conocido como **auto ionización** o **auto disociación** del agua, según la ecuación química:



#### RECUERDA QUE

La constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ) corresponde a la relación entre las concentraciones molares de reactivos y productos, donde cada concentración está elevada a la potencia que corresponde a sus coeficientes estequiométricos.

Ninguna molécula individual permanece ionizada mucho tiempo, las reacciones son sumamente rápidas en ambos sentidos, razón por la cual, es un proceso de equilibrio y para él se puede escribir la expresión de constante de equilibrio, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{H}_2\text{O}_{(ac)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \quad \text{o} \quad K_{eq} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Como la constante de equilibrio ( $K_{eq}$ ) se refiere exclusivamente a la autoionización del agua, se emplea el símbolo  $K_w$  correspondiente a la **constante del producto iónico del agua**. Las concentraciones de los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  se expresan en la unidad de molaridad  $M$  (mol/L) y cuyo valor a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  es  $1 \cdot 10^{-14}$ , así se obtiene:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

La expresión de la constante del producto iónico del agua ( $K_w$ ), es útil si es aplicable no solo al agua pura, sino a cualquier disolución acuosa. Aunque al equilibrio entre iones (hidrógeno e hidroxilos) le afecta en algo, la presencia de iones adicionales en disolución, para estos casos se acuerda no considerarlos pues son menores, casi inexistentes, excepto que el trabajo requiera exactitud.



Así la expresión de  $K_w$ , se considera válida para cualquier disolución acuosa diluida, y se emplea comúnmente para calcular  $[H^+]$  (si se conoce  $[OH^-]$ ) o  $[OH^-]$  (si se conoce  $[H^+]$ )

Por ejemplo, cuando  $[H^+]$  es igual a  $1 \cdot 10^{-3} M$ , la  $[OH^-]$  será  $1 \cdot 10^{-11} M$ , para que se cumpla la siguiente igualdad:

$$1 \cdot 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$1 \cdot 10^{-14} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-11}$$



En el sitio

<http://www.um.es/molecula/sales04.htm> podrás encontrar más información sobre la ionización del agua.

## MÁS QUE QUÍMICA

En el agua pura, la concentración de los iones  $H^+$  y  $OH^-$  es la misma, la cual equivale a:

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} M$$

Por lo tanto, las disoluciones en que las concentraciones de los iones  $H^+$  y  $OH^-$  son iguales a  $1 \cdot 10^{-7}$ , corresponden a disoluciones neutras.

- 1 Considerando que  $K_w = 1 \cdot 10^{-14} M = [H^+] \cdot [OH^-]$ , completa la siguiente tabla en tu cuaderno:

$[H^+] M$	$[OH^-] M$
$1 \cdot 10^{-8}$	
	$1 \cdot 10^{-5}$
	$1 \cdot 10^{-4}$
$1 \cdot 10^{-11}$	
	$1 \cdot 10^{-2}$
	$1 \cdot 10^{-1}$
$1 \cdot 10^{-14}$	

- 2 Observa los valores de  $[H^+]$  y  $[OH^-]$ . ¿Cómo se comportan los valores matemáticamente? ¿Qué se puede concluir?
- 3 Si aquellas disoluciones que presentan mayores concentraciones de  $[H^+]$  que de  $[OH^-]$  se denominan **ácidas**, mientras que las que tienen mayores concentraciones de  $[OH^-]$  que de  $[H^+]$  son básicas y las que igualan las concentraciones de ambas especies tienen comportamiento neutro, ( $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} M$ ) entonces, identifica las siguientes disoluciones como ácidas, básicas o neutras cuando muestren las siguientes concentraciones:
- El café tiene una concentración de iones  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-5} M$
  - Un vaso de leche tiene una concentración de  $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-8} M$
  - La pasta dental tiene una concentración de iones  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-10} M$
  - La leche de magnesia (usada como antiácido) tiene una concentración de  $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-3} M$
- 4 Ordena las sustancias del punto 3 desde lo más básico hasta lo más ácido.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Asociar
- Interpretar datos
- Predecir
- Analizar



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Observar
- Identificar
- Interpretar
- Usar lenguaje científico
- Comprender
- Investigar
- Comunicar resultados

### Materiales

- Papel filtro
- Papel o cinta pH
- Gotario
- Pipeta
- Vasos de precipitado
- Embudo
- Gradilla
- Un repollo morado
- Frasco con tapa
- Rejilla, trípode y mechero

### Reactivos

- Disolución de ácido clorhídrico (HCl)
- Disolución de hidróxido de sodio (NaOH)
- Vinagre blanco (ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ))
- Bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ )
- Champú transparente
- Agua destilada

## Ácidos y bases según su pH

### Estudiaremos

Identificación y clasificación de sustancias ácidas y básicas según su pH.

### Introducción

Una de las formas más comunes empleadas para clasificar una sustancia es su pH, concepto ampliamente utilizado en cremas, champú, bálsamos, perfumes, detergentes, entre otros productos que son anunciados como "de pH neutro". ¿Sabemos qué significa realmente esta clasificación? Trabaja en un equipo organizado y desarrolla la siguiente actividad experimental.

### Paso 1: Exploración

Observen atentamente los materiales y sustancias solicitados. Las tres sustancias (vinagre blanco, bicarbonato de sodio y champú) empleadas en el experimento serán clasificadas como sustancias ácidas, básicas o neutras según corresponda. Los materiales solicitados les permitirán dicha identificación y posterior clasificación.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Mirando los materiales y conociendo la finalidad del trabajo experimental, respondan las siguientes preguntas de investigación.

- 1 Además de las características operacionales, ¿qué otra propiedad permite clasificar una sustancia como ácido, base o neutra?
- 2 ¿Qué es el pH y cómo se puede determinar el de una sustancia cualquiera?
- 3 Si una sustancia es ácida, neutra o básica según la relación de concentración entre  $[H^+]$  y  $[OH^-]$ , ¿qué relación existe entre estas concentraciones y el pH?
- 4 Sabiendo que el ácido clorhídrico, el hidróxido de sodio y el agua destilada corresponden a una sustancia ácida, básica y neutra, respectivamente, ¿cuál es la finalidad de su uso en este experimento?
- 5 ¿Qué es un indicador ácido-base? Investiguen.
- 6 ¿Qué relación tendrá la presencia del repollo morado con la clasificación de sustancias ácidas o básicas? Investiguen.
- 7 Investiguen, ¿qué es la escala de pH?

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Considerando las preguntas de investigación así como el objetivo planteado, elaboren las hipótesis de investigación.

### Paso 4: Diseño experimental

Hagan un diseño experimental que les permita clasificar el vinagre, el bicarbonato y el champú y determinar su pH. Para ello, consideren:

- 1 La finalidad del trabajo que se desarrollará.
- 2 Los materiales y reactivos de los que disponen.
- 3 La tabla propuesta para recopilar los datos.  
No olviden distribuir los roles.



**Paso 5: Registro de observaciones**

Recuerden registrar todas las observaciones experimentales, como colores, apariencia, temperatura, entre otros.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Los datos que como mínimo deben obtener en este laboratorio y gracias al diseño experimental elaborado por ustedes son:

	Sustancia de prueba o patrones	Indicador de repollo morado	Cinta pH
Sustancia de prueba o patrones	HCl		
	NaOH		
	H <sub>2</sub> O		
Sustancia de pH	Vinagre blanco		
	Champú		
	Bicarbonato de sodio		

**Paso 7: Análisis de datos**

De acuerdo a las investigaciones realizadas para elaborar el procedimiento experimental, respondan:

- 1 ¿Cuál es la finalidad de una sustancia indicador?
- 2 ¿Cuáles son los colores de cambio del repollo morado para reconocer cada tipo de sustancia?
- 3 ¿Cuál es la diferencia entre los indicadores ácido-base y el papel o cinta pH? ¿Cuál les parece más efectiva? Justifiquen su respuesta.
- 4 Considerando la relación de  $[H^+]$  y el pH, ¿qué pueden decir de la concentración de iones de hidrógeno en las siguientes sustancias?
  - a. HCl
  - b. NaOH
  - c. H<sub>2</sub>O
  - d. Vinagre
  - e. Champú
  - f. Bicarbonato de sodio
- 5 ¿Se aceptan o rechazan sus hipótesis?
- 6 El respeto por el medio ambiente es una de las grandes preocupaciones de la química.

Durante este laboratorio han trabajado con sustancias cuya eliminación o desecho obedece a un protocolo de neutralización. Investiguen cómo se eliminan los ácidos y bases.

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Elaboren un informe científico, considerando las recomendaciones de la primera unidad, en el que se establezcan las bases teóricas y experimentales del trabajo desarrollado.

En la elaboración de las conclusiones, consideren la importancia del pH y su relación con la concentración de hidrógeno, así como la aplicación de este concepto a su vida cotidiana.

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajarás con sustancias riesgosas y en algunos casos corrosivas para los metales, razón por la cual no se deben eliminar a través del desagüe como lo harías con el agua, por ejemplo. Entrega las disoluciones trabajadas en la actividad al docente, quien procederá a eliminarlas según el protocolo establecido en el laboratorio.



**Paso 9: Evaluación del trabajo**

Al igual que en toda actividad, especialmente las de aprendizaje, evalúen el trabajo en equipo y el nivel de aprendizaje logrado, el que será fundamental para mejorar el desempeño futuro.

Les proponemos que marquen individualmente la opción que mejor represente a cada uno y posteriormente compartan en grupo sus evaluaciones, justificando su opción.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Comprendo que la seriedad y la exhaustividad en el estudio de los antecedentes que proceden al inicio de un trabajo de investigación configuran uno de los pasos más relevantes en el desarrollo de una investigación.			
Formulo hipótesis empleando creatividad y flexibilidad.			
Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos.			
La actividad planteada me permitió desarrollar habilidades de observación, medición e investigación.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Me preocupo de respetar la vida y cuidado de mis compañeros y compañeras y el propio tomando todas las precauciones necesarias durante el trabajo de laboratorio.			
Comprendo el concepto de pH y su relación con $[H^+]$ .			
Practico la honestidad al presentar y discutir los resultados obtenidos.			
Reconozco los errores cometidos durante una actividad y trato de enmendarlos.			
Mis compañeros y compañeras actuaron responsablemente.			
Muestro errores cometidos por mis compañeros y compañeras con respeto y humildad a fin de mejorar nuestro trabajo en equipo.			



En el sitio

[http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3\\_eso\\_materiales/b\\_v/conceptos/conceptos\\_bloque\\_5\\_5.htm#3](http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/b_v/conceptos/conceptos_bloque_5_5.htm#3) podrás encontrar información sobre las propiedades y manipulación de ácidos y bases.





## 4. El pH

Como hemos observado, las concentraciones molares de iones hidrógeno ( $H^+$ ) e iones hidroxilo ( $OH^-$ ) son valores muy pequeños. Con el fin de no trabajar con números en notación científica, se aplica a las concentraciones el concepto de logaritmo ( $\log$ ). Esta es una función matemática que elimina la base de la potencia y permite su interpretación mediante números enteros o decimales sencillos. Como en este caso los exponentes son negativos, se aplicará el logaritmo negativo ( $-\log$ ) para obtener números positivos.

En química, el logaritmo negativo ( $-\log$ ) se simboliza como p. De allí nace la equivalencia:

$$pH = -\log [H^+]$$

Donde:  $[H^+]$  representa la concentración molar de iones de hidrógeno o iones hidronio, sin unidades de molaridad o, en su defecto, divididas por 1 mol/L, operación que permite eliminar la unidad de la concentración de los iones de hidrógeno.

En consecuencia, se definirá **pH** como: “El logaritmo decimal negativo de la concentración de iones en moles/litro” o, en un lenguaje más simple, “como la medida de la concentración de  $H^+$  presente en una disolución”.

Si se aplica el logaritmo negativo ( $-\log$ ) a la concentración del ión hidrógeno, se obtendrá la escala de pH. Observa atentamente el siguiente esquema.

$[H^+]$	pH
1	0
$1 \cdot 10^{-1}$	1
$1 \cdot 10^{-2}$	2
$1 \cdot 10^{-3}$	3
$1 \cdot 10^{-4}$	4
$1 \cdot 10^{-5}$	5
$1 \cdot 10^{-6}$	6
$1 \cdot 10^{-7}$	7
$1 \cdot 10^{-8}$	8
$1 \cdot 10^{-9}$	9
$1 \cdot 10^{-10}$	10
$1 \cdot 10^{-11}$	11
$1 \cdot 10^{-12}$	12
$1 \cdot 10^{-13}$	13
$1 \cdot 10^{-14}$	14

↑

Á  
C  
I  
D  
O

↓

B  
Á  
S  
I  
C  
O

NEUTRO

La escala de pH asigna valores específicos a los ácidos y bases, entendiendo que finalmente dichos valores hacen referencia a la concentración del ión hidrógeno (mol/L). Por ejemplo, al indicar que el jugo de tomate presenta un pH igual a 4, podríamos decir que:

1. Es una sustancia ácida.
2. La concentración de  $[H^+]$  es  $1 \cdot 10^{-4} M$ .
3. Como la  $K_w$  del agua es  $1 \cdot 10^{-14}$  y la  $[H^+]$  es de  $1 \cdot 10^{-4}$  la concentración de  $[OH^-]$  es  $1 \cdot 10^{-10}$ .

### MÁS QUE QUÍMICA



**Soren Sorensen**  
(1868-1939)

Químico danés. Fue quien en 1909 introdujo el concepto de pH como el “potencial de hidrógeno” correspondiente al logaritmo negativo de la actividad de iones hidrógeno.



### MÁS QUE QUÍMICA

Existe otra escala análoga a la del pH que se obtiene con el logaritmo negativo de la concentración de iones hidroxilo, la cual corresponde al pOH:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Como podrás darte cuenta, existe una relación entre  $[H^+]$  y  $[OH^-]$  que depende de la constante del agua ( $K_w$ ). Esta misma relación se puede establecer en función del pH, obteniéndose:

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

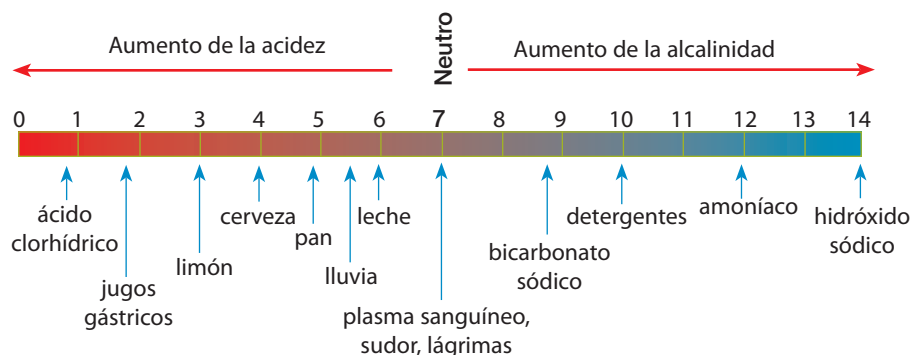
Por ejemplo: Si el pH de una disolución es 8, el valor de pOH es 6, pues:

$$\begin{aligned} pK_w &= pH + pOH \\ 14 &= 8 + pOH \\ 6 &= pOH \end{aligned}$$

En síntesis, existen tres tipos de sustancias según la concentración de  $[H^+]$  y, por ende, del valor del pH; éstas son:

Ácidas	$[H^+] > 10^{-7} M$	$pH < 7$
Básicas	$[H^+] < 10^{-7} M$	$pH > 7$
Neutras	$[H^+] = 10^{-7} M$	$pH = 7$

Un gran número de las sustancias que empleamos comúnmente, así como los fluidos corporales más importantes, tienen un pH específico en directa relación con su función o efecto sobre otras sustancias.



### SABÍAS QUE

El jugo gástrico es segregado en abundancia por numerosas glándulas microscópicas diseminadas en la mucosa del estómago. Por la presencia del ácido clorhídrico, el pH toma un valor entre 1 y 2. Este medio ácido facilita la degradación (hidrólisis) de las proteínas para convertirlas en unidades más pequeñas.



En el sitio

[http://200.26.134.109:8091/unichoco/hermesoft/portal/home\\_1/rec/arc\\_841.pdf](http://200.26.134.109:8091/unichoco/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_841.pdf) podrás encontrar tablas con valores de pH y pOH, de diferentes sustancias y ejercicios.

### EJERCICIO RESUELTO

Observa los siguientes ejemplos:

#### Ejemplo 1

El ácido clorhídrico es uno de los principales componentes del jugo gástrico. En esa mezcla, su concentración alcanza a ser 0,03 M, aproximadamente. Conociendo esos datos, ¿cuál es el pH del HCl?

**Paso 1.** Datos. Ácido clorhídrico (HCl) de concentración 0,03 M.

Pregunta. ¿Cuál es el pH del HCl?

**Paso 2.** Seleccionar la fórmula.

$$pH = -\log [H^+]$$



Para obtener el pH es necesario conocer la concentración de  $H^+$ . ¿Cómo haremos esto? Integrando los conocimientos de las teorías ácido-base. Lee atentamente.

La disociación del HCl se expresa según la siguiente ecuación:



En dicha ecuación es posible observar que el HCl se comporta como un ácido, puesto que libera  $H^+$  al disociarse.

Sabemos que el HCl es un electrolito fuerte; por lo tanto, se disociará completamente (100 %), es decir, al término de la reacción, toda la concentración inicial del HCl estará presente en los productos, tal como explica el siguiente esquema:

	HCl	→	H <sup>+</sup>	+	Cl <sup>-</sup>
Inicialmente	0,03 M		0		0
Cambio	-0,03 M		0,03 M		0,03 M
En equilibrio	0		0,03 M		0,03 M

(Suma de las concentraciones inicial y final)

**Paso 3.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida.

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pH = -\log [0,03]$$

**Paso 4.** Resolver.

Al emplear la calculadora científica, se obtiene:

$$pH = 1,52$$

**Paso 5.** Interpretar.

Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Qué información entrega el valor del pH? Si su valor es menor a 7, ¿qué significa?

Construyamos una conclusión en conjunto.

El pH informa respecto a la concentración de ión hidrógeno y con ello las condición ácida, básica o neutra de una sustancia.

Cuando el valor es menor a 7, se entiende que la sustancia en cuestión es ácida, es decir,  $[H^+] > [OH^-]$ .

Finalmente, podemos concluir que el valor obtenido indica que el ácido clorhídrico (HCl) es una sustancia ácida de  $pH = 1,52$ .

## Ejemplo 2

El hidróxido de sodio (NaOH), conocido comúnmente como soda cáustica, es vendido en ferreterías como producto sólido que al ser disuelto en agua puede ser empleado para destapar o limpiar cañerías y desagües. Generalmente, se recomienda disolver 10 g del producto en 1 litro de agua, lo que genera una disolución de concentración 0,25 M. ¿Cuál será el pH de la disolución formada?

**Paso 1.** Datos: NaOH 0,25 M.

Pregunta. ¿Cuál será el pH de la disolución formada?

## SABÍAS QUE

La saliva tiene un pH aproximado de 7,1. Presenta una alta concentración de carbonatos ( $CO_3^{2-}$ ), fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) y, además, contiene enzimas que intervienen en el proceso digestivo. Impide la proliferación de bacterias, jugando un papel importantísimo en la higiene bucal, pues actúa estabilizando el pH de la boca.



**SABÍAS QUE**

Se ha determinado que el pH de la piel húmeda ronda en un 5,5 por lo que si nos aplicamos alguna crema o jabón con un pH menor o mayor podría causarnos irritación o quemadura.

Si se tratara de un pH mayor a 10 o menor a 3, la piel pudiera disolverse causándonos un gran daño. Saber cuál es el pH de las sustancias es muy importante para nuestra seguridad ante cualquier producto químico.



**Paso 2.** Seleccionar la fórmula:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Para obtener el pH es necesario conocer la concentración de  $\text{H}^+$ .

La disociación del NaOH se expresa según la siguiente ecuación:

	$\text{NaOH}_{(ac)}$	$\rightarrow$	$\text{Na}_{(ac)}^+$	$+$	$\text{OH}_{(ac)}^-$
Inicialmente	0,25 M		0		0
Cambio	-0,25 M		0,25 M		0,25 M
En equilibrio	0		0,25 M		0,25 M

(Suma de las concentraciones inicial y final)

En dicha ecuación es posible observar que el NaOH se comporta como una base, puesto que libera  $\text{OH}^-$  al disociarse.

Sabemos que el NaOH es un electrolito fuerte; luego, se disociará completamente (100 %); es decir, al término de la reacción, toda la concentración inicial del NaOH estará presente en los productos.

**Pasos 3 y 4.** Reemplazar los datos y resolver.

El primer trabajo será determinar la concentración de  $\text{H}^+$ . Apliquemos las fórmulas indicadas.

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] \cdot 0,25 = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = 4 \cdot 10^{-14}$$

Al determinar la concentración de  $\text{H}^+$  se puede saber el pH.

$$\text{pH} = -\log 4 \cdot 10^{-14}$$

$$\text{pH} = 13,39$$

**Paso 5.** Interpretar.

Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Cuál es la pregunta formulada en el problema? ¿Cuál es el valor obtenido y qué significa?

Según lo aprendido en las páginas anteriores, podemos señalar que si el  $\text{pH} = 13,39$ , la sustancia tiene un comportamiento básico, siendo  $[\text{H}^+] = 4 \cdot 10^{-14} \text{ M}$  y la de  $[\text{OH}^-] = 0,25 \text{ M}$ , consistente con el comportamiento básico en el que  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ .

Así como se calcula el pH a partir de las concentraciones de las especies, es posible realizar el proceso inverso, es decir, determinar las concentraciones de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  a partir de los valores del pH y/o pOH.

Sabemos que el  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , donde log es una función matemática que permite obtener valores decimales o enteros positivos. El inverso de la función matemática log es la base 10, base que acepta cualquier exponente, es decir, números enteros o decimales. Para obtener el inverso del log se debe aplicar en la calculadora científica la función shift log, apareciendo en la pantalla la base 10, tal como muestra la imagen lateral.



Es decir: si  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , al despejar  $[\text{H}^+]$  se tiene:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Asimismo,  $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$ . Al despejar  $[\text{OH}^-]$  se tiene:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

### Ejemplo 3

El ácido fluorhídrico (HF) se utiliza, entre otras cosas, para la preparación de superficies cerámicas ante los adhesivos. La rugosidad que produce mejora notablemente la unión entre el adhesivo o cemento y la superficie cerámica, por lo que es útil en laboratorios dentales. Si su pH es 2,3, ¿cuál es la concentración de  $\text{H}^+$  en la disolución?

**Paso 1.** Datos: HF pH = 2,3

Pregunta: ¿Cuál es la concentración de  $[\text{H}^+]$  en la disolución?

**Paso 2.** Seleccionar la fórmulas. Sabiendo que se necesita conocer la concentración de  $[\text{H}^+]$  a partir del pH, la fórmula es:  $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$

**Pasos 3 y 4.** Remplazar los datos y resolver.

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= 10^{-2,3} \\ [\text{H}^+] &= 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

**Paso 5.** Interpretar.

¿Qué significa  $[\text{H}^+]$ ? El valor de  $[\text{H}^+]$  ¿que información proporciona? ¿Qué relación existe entre  $[\text{H}^+]$  y pH?

Ahora observa el valor obtenido. ¿Qué puedes concluir?

¡Efectivamente! El ácido fluorhídrico (HF) de pH 2,3 presenta una concentración de  $\text{H}^+$  igual a  $5,01 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ .

Como observaste, una serie de disoluciones con las que nos relacionamos cotidianamente presentan un pH específico, como es el caso de la lluvia que tiene un pH aproximado de 5,6, es decir, levemente ácido. Por ejemplo, gracias al pH que presenta, es esperada por campesinos para el riego.

### ¿Qué es la lluvia ácida?

Existe un proceso de contaminación ambiental que causa graves daños a la construcción, la agricultura, e incluso a la salud humana, denominado **lluvia ácida** y que corresponde a la alteración del pH de la lluvia, siendo disminuido considerablemente.

La lluvia ácida es un tipo de deposición ácida, que puede aparecer en muchas formas: como por ejemplo lluvia, nieve, aguanieve, niebla y deposición seca, que se produce cuando los gases y las partículas de polvo se vuelven más ácidos.

Este fenómeno, es causado por una reacción química que comienza cuando compuestos tales como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), provenientes de la industria química y de la combustión de combustibles fósiles, salen al aire. Estos gases pueden alcanzar niveles

### SABÍAS QUE

Después de cepillar tus dientes, el pH de la saliva en la boca, debe encontrarse con un valor alrededor de 7. Es decir un pH neutro, que no produce ningún daño a tus dientes. Si el pH es menor a 5,5 el esmalte comienza a perderse haciendo daño. Por ejemplo, si un pedazo pequeño de alimento se descompone en tu boca, genera gérmenes que la hacen más ácida y deterioran tus dientes. Por eso es importante reducir los efectos dañinos a los dientes y las encías, cepillándolos después de cada comida.

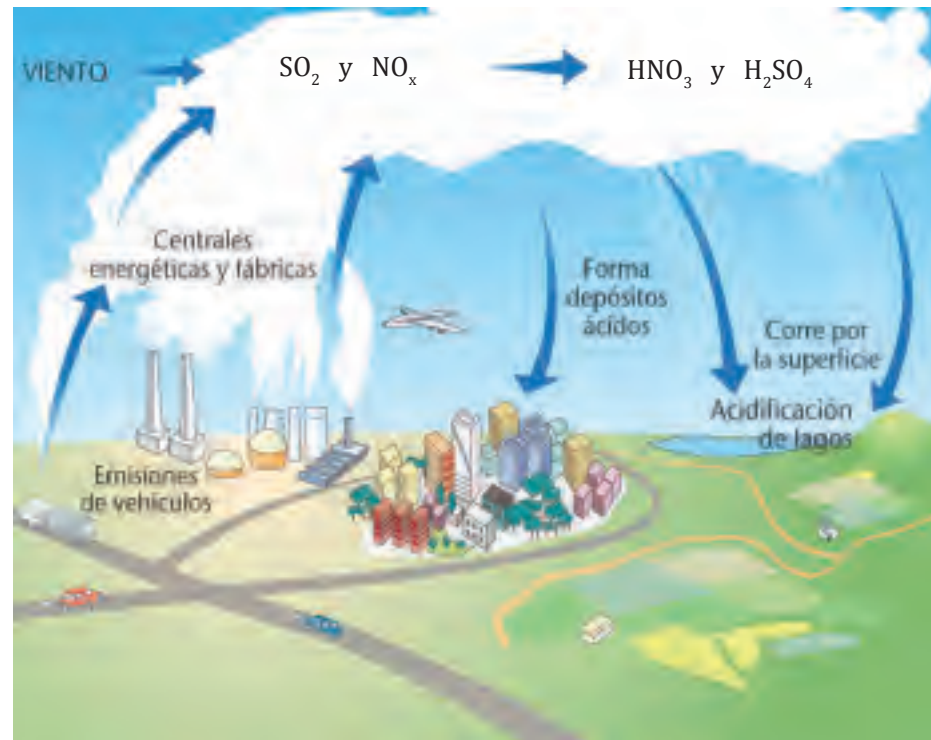




muy altos de la atmósfera, en donde se mezclan y reaccionan con agua, oxígeno y otras sustancias químicas y forman más contaminantes ácidos, que finalmente son conocidos como lluvia ácida.

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) se disuelven muy fácilmente en agua y pueden ser acarreados por el viento a lugares muy lejanos. En consecuencia, los dos compuestos pueden recorrer largas distancias, y convertirse en parte de la lluvia y la niebla que tenemos en ciertos días.

Observa atentamente la siguiente imagen, que muestra la formación de la lluvia ácida.



Según lo observado en la imagen:

- ¿Cuáles son los gases que reaccionan con agua para formar la lluvia ácida?
- ¿Cuáles son los ácidos presentes en la lluvia ácida?
- ¿Cuáles crees que son los principales efectos de la lluvia ácida?



En el sitio

<http://www.epa.gov/acidrain/spanish/what/index.html>

podrás encontrar información complementaria sobre la lluvia ácida y sus efectos.



1 Completa los datos de la siguiente tabla, recordando que:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]; \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]; 14 = \text{pH} + \text{pOH}; K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	pH	pOH	Sustancia
		1,3		Ácido
			2	
$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ M}$				
	0,04 M			

2 Cuestionario. Explica brevemente.

- ¿Por qué se indica que el agua es una especie anfótera?
- ¿Qué es la ionización y qué es el producto iónico del agua?
- ¿Cómo se establece la escala de pH?
- ¿Por qué una sustancia de pH 3 se clasifica como ácida y no como básica?

3 Lee atentamente las siguientes afirmaciones, posteriormente indica si son verdaderas (V) o falsas (F). Argumente brevemente ¿por qué consideras falsas las afirmaciones?

- \_\_\_ Si una disolución presenta  $\text{pH} = 9$  es posible afirmar que se clasifica como ácido.
- \_\_\_ Una disolución de  $\text{pH} = 5$ , presenta una concentración de iones hidroxilos  $[\text{OH}^-]$  igual a  $1 \cdot 10^{-5}$
- \_\_\_ Cuando  $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7}$ , la disolución es neutra.
- \_\_\_ Una disolución de  $\text{pH} = 4$ , presenta  $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-4}$
- \_\_\_ Si una disolución presenta  $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$ , se puede afirmar que la disolución es básica.

4 En la actividad indagatoria del pH clasificaste el vinagre blanco, el champú y el bicarbonato de sodio como sustancias ácidas, básicas o neutras según correspondía.

De acuerdo a los datos experimentales, completa la siguiente tabla.

$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	pH	pOH	Sustancia
				Vinagre
				Champú
				Bicarbonato de sodio



El alumno estratégico se conoce a sí mismo como aprendiz: planifica, regula y evalúa su propio proceso de aprendizaje, lo que lo lleva tanto a aprender significativamente. Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿reconozco el avance que he logrado en mi aprendizaje?, ¿reconozco errores y aciertos de este proceso?, ¿asocio los conceptos y aplico los conocimientos adquiridos a los fenómenos que ocurren en mi entorno?

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Reconocer
- Comprender
- Aplicar
- Calcular
- Justificar

## 5. Indicadores ácidos y bases

### ¡HAZLO EN TU CASA!

#### Habilidades a desarrollar:

- Elaborar
- Observar
- Investigar
- Inferir.

#### Materiales

- Media taza de frutos rojos ( moras, arándanos o frutillas)
- Un recipiente plástico
- Un tenedor
- Toalla de papel absorbente
- Tiras de cartulina ( de 1 x 3 cm aproximadamente)
- Agua tibia

#### Procedimiento:

- Coloca el fruto que ocuparás en un recipiente de plástico y aplástalos con el tenedor hasta que tenga consistencia de mermelada y agrega al recipiente una taza y media de agua tibia.
- Introduce las tiras de cartulina en el jugo de fruta, hasta que queden bien impregnadas del color. Retíralas del recipiente y saca los restos de pulpa que hayan quedado en las tiras.
- Déjalas secar sobre el papel absorbente. Una vez secas, las ocuparás para introducirlas en diferentes sustancias.

#### Responde:

- 1 ¿Cuál es la utilidad e importancia de haber fabricado este tipo de papel? Investiga que es el papel indicador.
- 2 ¿Qué sucede si introduces tiras de papel en las siguientes sustancias: vinagre, lavaloz, jugo de limón y solución de detergente para ropa?
- 3 ¿Cómo podrías explicar los cambios de color en el papel indicador?
- 4 Según tus investigaciones, ¿Qué coloración indica un ácido y que coloración una base?

Un **indicador ácido-base**, como el que está presente en el jugo de repollo, es una sustancia colorida capaz de existir en forma de ácido o en forma de base, con diferente color.

Muchas sustancias presentan diferentes colores, según sea el pH de la disolución en la que se encuentren. Un indicador clásico utilizado en la química de las disoluciones, es la fenolftaleína, que en medios ácidos es incolora y en medios básicos fucsia.

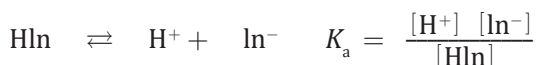
En su mayoría, los indicadores son sustancias ácidos o bases orgánicas débiles. En estos indicadores, su molécula y el ión correspondiente presentan coloraciones diferentes, o sea, el color del compuesto disociado es diferente al no disociado.

La reacción general de disociación en solución acuosa, es:



Y su constante de equilibrio es: 
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

Donde  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  corresponde a  $[\text{H}^+]$ , si se considera la reacción de disociación del indicador como:



El ojo humano es poco sensible, por lo que se ha determinado que para que se pueda apreciar un cambio de color, la relación del indicador en forma ácida y básica debe ser mayor o igual 10, es decir:  $\frac{[In^-]}{[HIn]} \geq 10$

Si se conoce el pH en el que el indicador cambia de una forma a la otra, se puede saber si una disolución tiene un pH mayor o menor que este valor, lee atentamente el siguiente ejemplo y observa la tabla 13 en la que se muestran los indicadores más comunes empleados en laboratorio.

**Ejemplo:**

El naranja de metilo, cambia de color en el intervalo de pH de 3,1 a 4,4. Por debajo de pH 3,1 está en la forma ácida, que es roja. En el intervalo entre 3,1 y 4,4 se transforma poco a poco en su forma básica, de color amarillo. A un pH de 4,4 la conversión es completa y la disolución es amarilla.

**Tabla 13**  
Tipos de indicadores empleados en química

Indicador	Color en ambiente ácido	Color en ambiente básico	Rango de pH
Azul de bromofenol	Amarillo	Azul violeta	3,0 - 4,6
Naranja de metilo	Rojo	Amarillo	3,1 - 4,4
Rojo de metilo	Rojo	Amarillo	4,2 - 6,3
Azul de bromotimol	Amarillo	Azul	6,0 - 7,6
Fenolftaleína	Incoloro	Rojo	8,3 - 10,0

- 1 Según la información proporcionada en la tabla 13, completa la siguiente tabla indicando el color que adquirirá cada indicador si se emplea para detectar las especies descritas y señala si el indicador es o no útil para la identificación de la misma:

Indicador	Disolución		
	HCl pH = 2	NaOH pH = 13	CH <sub>3</sub> COOH pH = 4,75
Azul de bromofenol			
Naranja de metilo			
Fenolftaleína			
Azul de bromotimol			

- 2 Uno de los indicadores naturales más antiguos, es el pigmento vegetal conocido como tornasol. En los laboratorios se utiliza frecuentemente, un papel impregnado con tornasol. Con respecto a lo anterior:
- Investiga que color adquiere el papel tornasol en disoluciones ácidas y básicas.
  - ¿Qué otros indicadores naturales existen? Investiga y nombra tres ejemplos.

**DESAFÍO**

**Habilidades a desarrollar:**

- Analizar
- Inferir
- Investigar



## SABÍAS QUE

Una base fuerte es el hidróxido de sodio (también conocido como soda caústica) es un sólido blanco e higroscópico que tiene muchos usos, por ejemplo, para neutralizar ácidos, en la fabricación de jabón, en la refinación del papel, en textiles, en plásticos, en explosivos, entre otros usos.

Reacciona con agua, ácidos y otros materiales. Al entrar en contacto con la piel, causa irritación y severas quemaduras.

Presenta una alta solubilidad en solución acuosa y en contacto con agua reacciona de forma exotérmica liberando calor.



## 6. Fuerza relativa de ácidos y bases

En la escala de pH observamos diversos ácidos y bases. Situémonos en los ácidos. Como podrás observar sus pH son distintos y sus usos también.

Por ejemplo el ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) que encontramos en algunos frutos tienen pH cercano a 7 mientras que el ácido clorhídrico (HCl) (presente en el jugo gástrico) tiene un pH muy bajo y es altamente peligroso de manipular por las quemaduras que puede causar en contacto directo con la piel.

*Si todos son ácidos, ¿qué los hará tan distintos entre sí?*

Existen ácidos que son mejores donadores de protones que otros (el HCl es mejor donador que el ácido cítrico). De la misma manera, algunas bases son mejores receptores de protones que otras, lo que describe la “fuerza relativa de ácidos y bases” y permite la siguiente clasificación:

- **Ácidos fuertes:** Son aquellos que transfieren totalmente sus protones al agua y no quedan moléculas sin disociar en disolución. Entre los más comunes se encuentran los ácidos monoproticos HCl (clorhídrico), HBr (Bromhídrico), HI (Yorhídrico),  $HNO_3$  (Nítrico),  $HClO_4$  (Perclórico) y diprotico  $H_2SO_4$  (Sulfúrico).
- **Ácidos débiles:** Se disocian solo parcialmente en disolución acuosa y, por tanto, existen como una mezcla del ácido en la que una parte se encuentra como especie molecular y la otra como especie disociada. Entre los más comunes está el ácido acético ( $CH_3COOH$ )
- **Bases fuertes:** Se disocian completamente liberando sus iones  $OH^-$ . Considerando la Teoría de Lewis, estas especies son aquellas que tienen un átomo que cede, cuya densidad electrónica se deforma difícilmente (polariza), debido a esto, por lo general, el átomo dador es de pequeño tamaño y bastante electronegativo. Por ejemplo:  $F^-$ ,  $OH^-$ ,  $O^{2-}$
- **Bases débiles:** Especies que aceptan parcialmente los protones disponibles en disolución o los extraen desde el  $H_2O$ , con lo cual se forma el ácido conjugado y los iones  $OH^-$ . Considerando la Teoría de Lewis, las bases débiles en cambio, son aquellas sustancias que poseen un átomo dador cuya densidad electrónica se deforma fácilmente. Dichos átomos suele ser menos electronegativos, y de mayor tamaño que en las bases fuertes. Por ejemplo:  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $CN^-$ ,  $CO^-$ .

Considerando que un ácido forma una base conjugada y una base un ácido conjugado, la capacidad de donar o aceptar protones que tiene una sustancia, indica la facilidad o dificultad de su especie conjugada de recibir o liberar el protón. Así, mientras más fácilmente una sustancia cede un protón, con tanta mayor dificultad acepta un protón su base conjugada.





Análogamente, cuanto más fácilmente una base acepta un protón, con tanta mayor dificultad cede un protón su ácido conjugado. En síntesis:

- Mientras más fuerte es el ácido, tanto más débil es su base conjugada; así las bases conjugadas de ácidos fuertes tienen baja capacidad de protonarse en disolución. Las bases conjugadas de ácidos débiles también son bases débiles.
- Cuanto más fuerte es la base, tanto más débil es su ácido conjugado.

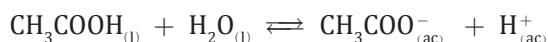
### a. Equilibrio iónico de ácidos y bases

Un criterio teórico para distinguir la fuerza de un ácido es su **constante de acidez** ( $K_a$ ), expresión que relaciona la concentración de los reactantes con la de los productos y corresponde a la constante de equilibrio de una especie ácida, es decir:

$$K_a = \frac{[\text{Productos}]}{[\text{Reactantes}]}$$

- Si el valor de  $K_a$  es mayor a 1 ( $K_a > 1$ ), se indica que el ácido es fuerte y estará disociado en su totalidad, pues la concentración de los productos es mayor que la de los reactantes.
- Por el contrario, si  $K_a < 1$ , el ácido es débil y estará solo parcialmente disociado (no el 100 %), es decir, la concentración de los productos es menor que la de los reactantes.

La mayoría de los ácidos y bases son electrolitos débiles. Por lo tanto, al disolverse en agua solo se ionizan parcialmente. Por ejemplo, en la disolución acuosa de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) se observará que:



cuya constante de equilibrio, denominada **constante de acidez** o **constante de ionización**, será:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

En las bases, la constante que relaciona las concentraciones de sus productos y reactantes se denomina **constante de basicidad** ( $K_b$ ). Ambas constantes ( $K_a$  y  $K_b$ ) se relacionan en la expresión de la constante del agua ( $K_w$ ) de la forma:

$$K_w = K_a \cdot K_b$$

Al aplicar el  $-\log(p)$  a la expresión anterior se obtendrá:

$$pK_w = pK_a + pK_b = 14$$

### MÁS QUE QUÍMICA

Los ácidos y las bases no se disocian todos con la misma intensidad.

Podemos distinguir electrolitos fuertes, que son aquellos que se disocian completa o totalmente y los electrolitos débiles, que corresponde a aquellos que se disocian en forma parcial.

Los electrolitos fuertes son los ácidos y bases fuertes, y los electrolitos débiles, los ácidos y bases débiles. Los ácidos fuertes, se convierten en iones en su totalidad, no así, los ácidos débiles, en los cuales una pequeña porción da origen a los productos.



Esta relación es utilizada para determinar el valor de  $K_b$ , pues  $K_w$  es un valor conocido y el de  $K_a$  se encuentra tabulado para cada ácido y base. En las tablas 14 y 15 se presentan los valores de  $K_a$  y  $K_b$  para distintas sustancias.

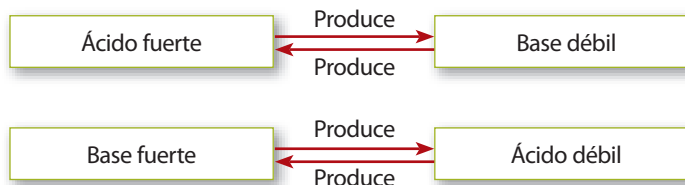
**Tabla 14**  
Constante de acidez a 25 °C

Ácido	Reacción	$K_a$	$pK_a = -\log K_a$
Bromhídrico	$\text{HBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Br}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	Muy grande	Muy grande
Perclórico	$\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ClO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$	Muy grande	Muy grande
Clorhídrico	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	Muy grande	Muy grande
Nítrico	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$	Muy grande	Muy grande
Yódico	$\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{IO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$	0,19	0,721
Fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	2,125
Fluorhídrico	$\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	3,155
Fórmico	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,745
Acético	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,745
Carbónico	$\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$4,2 \cdot 10^{-7}$	6,377
Sulfhídrico	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	7,000
Hipocloroso	$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,523
Dihidrogenofosfato	$\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,208

**Tabla 15**  
Constante de basicidad a 25 °C

Base	Reacción	$K_b$	$pK_b = -\log K_b$
Hidróxido sódico	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	Muy grande	Muy grande
Hidróxido potásico	$\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$	Muy grande	Muy grande
Etilamina	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$6,41 \cdot 10^{-4}$	3,193
Metilamina	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$3,70 \cdot 10^{-4}$	3,432
Amoníaco	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$1,77 \cdot 10^{-5}$	4,752
Anilina	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$4,27 \cdot 10^{-10}$	9,37

La fuerza relativa de las especies en los productos es el opuesto a las especies presentes en los reactantes, es decir, los ácidos o bases fuertes producen ácidos o bases débiles.



En el sitio

<http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/quimica/Tema6.html>  
podrás encontrar más información sobre el equilibrio iónico de ácidos y bases. Además presenta actividades interactivas, para reforzar tus conocimientos.



## b. Porcentaje de ionización

Además del valor de  $K_a$ , otra forma de medir la fuerza de un ácido es mediante su porcentaje de ionización, que se define como:

$$\text{Porcentaje de ionización} = \frac{[\text{H}^+]}{[\text{HA}]} \cdot 100$$

Cuanto más fuerte es un ácido, mayor será su porcentaje de ionización.

Donde:  $[\text{H}^+]$  es la concentración en el equilibrio.

$[\text{HA}]$  corresponde a la concentración inicial de ácido.

Por ejemplo, si el HF de concentración 0,05 M tiene un  $\text{pH} = 2,2$ , ¿es un ácido fuerte o débil?

Como no tenemos el valor de  $K_a$ , podemos emplear los datos entregados para determinar el porcentaje de ionización, para lo que es necesario determinar el valor de  $[\text{H}^+]$ .

A partir de:  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  se puede obtener  $[\text{H}^+]$  aplicando:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,2} = 0,006.$$

Conociendo el valor, se puede establecer el porcentaje de ionización de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de ionización} = \frac{[\text{H}^+]}{[\text{HF}]} \cdot 100 = \frac{[0,006]}{[0,05]} \cdot 100 = 12$$

Así, solo 12 de cada 100 moléculas de HF están ionizadas, por lo que corresponde a un ácido débil, que no se ioniza en un 100 %.

- 1** Observa los datos de las tablas 14 y 15 para las constantes de acidez y basicidad, y para cada una de las especie enumeradas a continuación, realiza las siguientes actividades:

**Especies:**

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1 Ácido perclórico   | 5 Metilamina        |
| 2 Ácido yódico       | 6 Ión amonio        |
| 3 Ácido fluorhídrico | 7 Ácido hipocloroso |
| 4 Hidróxido potásico | 8 Amoníaco          |

- Establece la expresión de la constante de acidez y basicidad ( $K_a$ ) y ( $K_b$ ) según corresponda.
  - De acuerdo al valor de la constante de acidez y basicidad, ¿qué puedes decir respecto a la relación de productos y reactivos?
  - Clasifica cada especie como un ácido o base fuerte o débil según corresponda.
  - Escribe la forma disociada de cada una de las especies en medio acuoso e identifica la especie conjugada que se forma.
  - Según lo expuesto en el texto, ¿qué comportamiento tendría la especie conjugada (fuerte o débil)?
- 2** Identifica si los siguientes ácidos son fuertes o débiles, calculando su porcentaje de ionización.
- Disolución de ácido acético 0,2 M con un  $K_a = 1,75 \cdot 10^{-7}$
  - Disolución de ácido clorhídrico 0,001 M
  - Disolución de ácido sulfhídrico 0,2 M con un  $K_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-7}$

## DESAFÍO

**Habilidades a desarrollar:**

- Observar
- Interpretar
- Clasificar
- Calcular
- Inferir



### c. Cálculo de pH en ácidos y bases fuertes

En las especies de ácidos y bases fuertes, el cálculo de pH o de pOH depende directamente de la concentración inicial de las especies y su comportamiento, pues la concentración de  $[H^+]$  y de  $[OH^-]$  en disociación será igual a la concentración inicial de la especie. Observa con atención el siguiente ejemplo.

#### EJERCICIO RESUELTO

Para una disolución 0,1 M de HBr (ácido bromhídrico), ¿cuál es su pH?

**Paso 1.** Datos: 0,1 M de HBr.

Según tabla HBr,  $K_a$  = Muy grande.

Pregunta: ¿Cuál es su pH?

**Paso 2.** Seleccionar la fórmula que resuelve el problema planteado.

$$pH = -\log [H^+]$$

Para obtener el pH es necesario conocer la concentración de  $H^+$ .

Sabemos que el HBr es un electrolito fuerte, por lo que se disociará completamente o un 100 %; es decir, al término de la reacción, toda la concentración inicial de HBr habrá desaparecido y solo estará presente como  $H^+$  y  $Br^-$  como productos, tal como explica el siguiente esquema:

	HBr	→	H <sup>+</sup>	+	Br <sup>-</sup>
Inicialmente	0,1M		0		0
Cambio	-0,1 M		0,1 M		0,1 M
En equilibrio	0		0,1 M		0,1 M

(Suma de las concentraciones inicial y final)

**Pasos 3 y 4.** Reemplazar los datos y resolver.

$$pH = -\log 0,1$$

$$pH = 1$$

**Paso 5.** Interpretar.

¿Qué significa ese valor de pH y qué información proporciona su valor?

Ahora observa el valor obtenido. ¿Qué puedes concluir?

¡Efectivamente! El ácido bromhídrico (HBr) de pH 1 es un ácido fuerte. Según esta información, ¿cuál es la concentración de  $[H^+]$ ? Compara la  $[H^+]$  con la concentración inicial del HBr. ¿Qué te indica el valor comparativamente?



## d. Cálculo de pH en ácidos y bases débiles

En estas especies, la disociación no es completa, por lo que la concentración de  $H^+$  y de  $OH^-$  no será igual a la concentración inicial de la especie. Revisa con atención el siguiente ejemplo:

### EJERCICIO RESUELTO

El ácido acético ( $CH_3COOH$ ) es un compuesto químico ampliamente utilizado en distintos procesos industriales. Uno de los más comunes es la fabricación del vinagre. Si una disolución tiene una concentración de  $0,015 M$ , ¿cuál será su pH si la constante de acidez ( $K_a$ ) es igual a  $1,8 \cdot 10^{-5} M$ ?

**Paso 1.** Datos: ácido acético de concentración  $0,015 M$ .

$K_a$  (ácido acético) =  $1,8 \cdot 10^{-5} M$  nos indica que se trata de un ácido débil.

**Paso 2.** Seleccionar la fórmula:  $pH = -\log [H^+]$

Ahora bien, el  $CH_3COOH$  es un ácido débil, por lo que no se ionizará en un 100 %. Solo una pequeña fracción de la concentración inicial pasará a formar parte de los productos, tal como muestra la siguiente expresión:

	$CH_3COOH$	$\rightleftharpoons$	$H^+$	+	$CH_3COO^-$
Inicialmente	$0,015 M$		0		0
Cambio	$-x M$		$x M$		$x M$
En equilibrio	$0,015 M - x$		$x M$		$x M$

En donde  $x$  representa la pequeña porción de la concentración de ácido que se convertirá en producto, pero su valor es desconocido. Para conocerlo, podemos acudir a la expresión de la constante de acidez.

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Al remplazar los valores en la expresión de equilibrio, se obtendrá:

$$K_a = \frac{x \cdot x}{(0,015 - x)} = \frac{x^2}{(0,015 - x)}$$

Al despejar  $x$  se tendrá:

$$K_a \cdot (0,015 - x) = x^2$$

$$(K_a \cdot 0,015) - (K_a \cdot x) = x^2$$

Si observas atentamente lo obtenido, podrás distinguir la expresión de una ecuación de segundo grado  $ax^2 + bx - c = 0$ . Si la reordenamos, se obtiene  $x^2 + K_a \cdot x - K_a \cdot 0,015 = 0$ , donde  $0,015$  corresponde al valor de la concentración inicial del ácido ( $C_o$ ). Por ende:

$$x^2 + K_a \cdot x - K_a \cdot C_o = 0$$

Para resolver la ecuación de segundo grado se aplica la fórmula general:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot ac}}{2a}$$

### SABÍAS QUE

La disolución de hidróxido de aluminio ( $Al(OH)_3$ ) e hidróxido de magnesio ( $Mg(OH)_2$ ) es la más utilizada para aliviar la pirosis, más conocida como acidez estomacal, pues al combinarse con el ácido del jugo gástrico reacciona formando porciones de sal y agua que aumentan el pH.

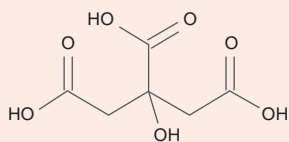




### SABÍAS QUE

El vinagre presenta una alta concentración de ácido acético (3 a 5 %), lo que le otorga un sabor cítrico. Ácidos débiles como el cítrico, pirúvico, oxálico, acético y tartárico cumplen importantes funciones en el metabolismo del cuerpo y se encuentran en frutas y verduras.

El piruvato, por ejemplo, es un subproducto del metabolismo de la glucosa, utilizado para proveer energía gracias al ciclo de Krebs; el ácido oxálico está presente en las espinacas y el zumo de la uva, y el ácido cítrico, uno de los mejores antioxidantes, se encuentra en naranjas y limones.



Representación estructural del ácido cítrico

Si comparas las expresiones  $ax^2 + bx - c = 0$  con  $x^2 + K_a \cdot x - K_a \cdot C_0 = 0$  y resuelves la ecuación de segundo grado en la que  $x$  corresponde al valor de  $[H^+]$ , se tendrá:

$$X = [H^+] = \frac{-K_a \pm \sqrt{K_a^2 - [4 \cdot 1 \cdot (-K_a \cdot C_0)]}}{2 \cdot 1}$$

**Pasos 3 y 4.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

Sabemos que  $\text{pH} = -\log [H^+]$  y que  $[H^+]$  para un ácido débil es igual a

$$[H^+] = \frac{-K_a \pm \sqrt{K_a^2 - [4 \cdot 1 \cdot (-K_a \cdot C_0)]}}{2 \cdot 1}, \text{ por ende:}$$

$$\text{pH} = -\log \frac{-K_a \pm \sqrt{K_a^2 - [4 \cdot 1 \cdot (-K_a \cdot C_0)]}}{2 \cdot 1}$$

Al reemplazar se tiene:

$$\text{pH} = -\log \frac{-1,8 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(1,8 \cdot 10^{-5})^2 - [4 \cdot 1 \cdot (-1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015)]}}{2 \cdot 1}$$

$$\text{pH} = -\log 5,10 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = 3,29$$

**Paso 5.** Interpretar.

Ahora observa el valor obtenido. ¿Qué puedes concluir?

¡Efectivamente! El pH del ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) es igual a 3,29. Según esta información, ¿cuál es la concentración de  $[H^+]$ ? Compara la  $[H^+]$  con la concentración inicial del ácido. ¿Qué te indica el valor comparativamente?

¡Muy bien!, la  $[H^+]$  es menor que la concentración inicial del  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , lo que señala que el ácido es un ácido débil, pues no se disocia completamente (100 %).

Una segunda opción de aproximación, también válida para las especies débiles, es suponer que el valor de  $x$  en los reactivos es considerado insignificante (próximo a cero), puesto que es tan pequeña la porción del ácido que se disocia, que en la sustracción prácticamente no afecta al valor de la concentración inicial del ácido. Así, la expresión queda como:

$$K_a = \frac{x \cdot x}{0,015 - x}$$

$$K_a = \frac{x^2}{0,015}$$

Al despejar  $x$  se obtiene:  $x = \sqrt{K_a \cdot 0,015}$

Donde  $x$  representa la  $[H^+]$  y  $0,015 \text{ M}$  corresponde a la concentración inicial del ácido ( $C_0$ ). Entonces, concentración de  $[H^+]$  se puede obtener por la expresión general:

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_0}$$



$K_a$  es un valor conocido ( $1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

$C_0$  corresponde a la concentración inicial del ácido (0,015 M).

Remplazar los datos en la fórmula escogida.

Sabemos que  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  y que  $[\text{H}^+]$  para un ácido débil es igual a  $\sqrt{K_a \cdot C_0}$ , luego:

$$\text{pH} = -\log \sqrt{K_a \cdot C_0}$$

$$\text{pH} = -\log \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015}$$

Al resolver:

$$\text{pH} = -\log (5,2 \cdot 10^{-4})$$

$$\text{pH} = 3,28$$

Interpretar para dar una respuesta.

El valor obtenido señala que el ácido acético, siendo un ácido débil, tiene  $\text{pH} = 3,28$ , mientras que al calcularlo con todos los datos es 3,29; por ende, la aproximación es válida.

Asimismo, las bases presentan igual comportamiento, razón por la cual el pOH será:

$$\text{pOH} = -\log \sqrt{K_b \cdot C_0}$$

Donde:

$K_b$  = Constante de basicidad.

$C_0$  = Concentración inicial de la base.

En síntesis, para calcular el pH y pOH de una especie se debe considerar la fuerza relativa de las especies de acuerdo con el siguiente cuadro resumen.

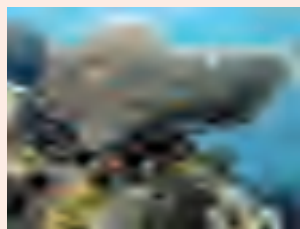
Especie	$K_a$	Disociación	$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	Fórmula
Ácido fuerte	$K_a > 1$	100 %	$= C_0$	$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$	$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
Base fuerte	$K_b > 1$	100 %	$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$	$= C_0$	$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$
Ácido débil	$K_a < 1$	menor al 100 %	$x$	$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$	$\text{pH} = -\log \sqrt{K_a \cdot C_0}$
Base débil	$K_b < 1$	menor al 100 %	$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$	$x$	$\text{pOH} = -\log \sqrt{K_b \cdot C_0}$



SABÍAS QUE

Arrecife de coral  
Los expertos principales del Foro Ambiental de Aspen 2009 explicaron que los efectos de la acidificación de los océanos, causada por los altos niveles de las emisiones de CO<sub>2</sub>, podrían "cambiar la vida en el planeta", y predijeron que todos los corales que viven en nuestros océanos estarían en peligro de morir a mediados de siglo si continuamos quemando combustibles fósiles a la tasa actual.

El océano absorbe aproximadamente el 25 % de todo el CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera por las actividades humanas cada año, que es lo que se conoce como liberación de gases de efecto invernadero. El ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) se forma cuando el CO<sub>2</sub> se disuelve en el agua del mar, lo que disminuye el pH (aumenta la acidez). Un océano ácido reduce la velocidad con que los corales pueden producir sus esqueletos y otros organismos marinos pueden construir sus conchas.



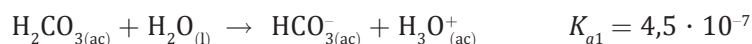
e. Ácidos polipróticos

Hasta ahora hemos estudiado ácidos que se denominan **monopróticos**, es decir, tienen un átomo de hidrógeno; por ejemplo, HCl, HF, HBr, CH<sub>3</sub>COOH y HNO<sub>3</sub>, por citar algunos.

Existen también **ácidos polipróticos**, definidos como aquellos que contienen más de un átomo de hidrógeno ionizable por molécula. La constante de ionización es diferente para cada paso de disociación.

Estos ácidos se ionizan por etapas, cediendo un protón en cada una de ellas.

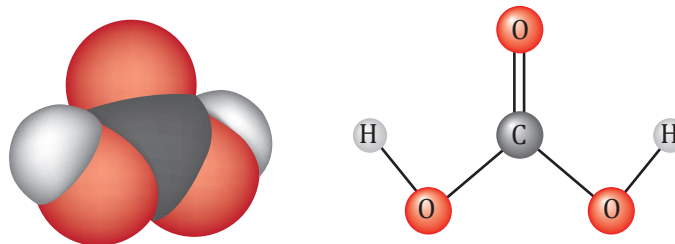
Cada protón sucesivo se libera con mayor dificultad que el anterior, ya que queda más fuertemente atraído por el anión formado. Por ejemplo, para el ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que tiene dos átomos de hidrógeno ionizable, como muestran las siguientes ecuaciones y sus respectivas constantes de ionización.



$$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,5 \cdot 10^{-7}$$



$$K_{a2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,8 \cdot 10^{-11}$$



Modelo molecular del ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

Los cálculos de equilibrio para ácidos polipróticos son complejos, porque las concentraciones de las distintas especies presentes están determinadas por los equilibrios sucesivos. La resolución requiere hacer aproximaciones.

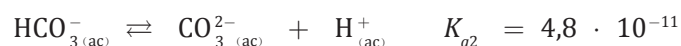
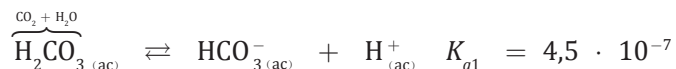
En primer término, se considera la concentración de los iones formados en la primera ionización. El primer paso es siempre el más importante, ya que  $K_1 > K_2 > K_3 > \dots$

Dentro de este nivel de aproximación, se supone que los pasos restantes no producen cambios importantes sobre las concentraciones calculadas. Ello permite usar los valores de estas últimas en las expresiones de las constantes de equilibrio sucesivas y así obtener las concentraciones de las especies restantes. Este nivel de aproximación es posible cuando las constantes de equilibrio de los pasos sucesivos difieren considerablemente. En todo caso, siempre es conveniente verificar que las aproximaciones usadas sean válidas.



Lean, observen y analicen el siguiente ejemplo.

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se disuelve en agua generando el hipotético ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Calcula las concentraciones de  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  presentes en una disolución  $0,01 \text{ M}$  de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .



Observamos que existen dos equilibrios simultáneos en la disolución acuosa, cuyas expresiones para las constantes de equilibrio son, respectivamente:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad K_{a2} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Si se analizan los valores de  $K_a$ , se observa que  $K_{a1}$  es 10 000 veces mayor que  $K_{a2}$ , lo que nos permite deducir que todos los iones hidrógeno presentes en la solución provienen de la primera ionización del ácido. Entonces:

	$\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{ac})}$	$\rightarrow$	$\text{H}^+_{(\text{ac})}$	+	$\text{HCO}_{3(\text{ac})}^-$
Inicialmente	$0,01 \text{ M}$		0		0
Cambio	$-x$		$x$		$x$
En equilibrio	$0,01 - x$		$x$		$x$

Sustituyendo las concentraciones en la expresión de la constante de equilibrio para la primera ionización, se obtiene:

$$4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{0,01}$$

Al despejar  $x$  se tendrá:

$$x = \sqrt{4,5 \cdot 10^{-9}}$$

$$x = 6,7 \cdot 10^{-5} = [\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-]$$

La suposición de que la  $[\text{H}^+]$  provenientes de la autoionización del agua es “despreciable” y que  $x$  también lo es en comparación con la concentración inicial ( $0,01 \text{ M}$ ) es correcta; por lo tanto:

$$[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-] = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M} \text{ y } [\text{H}_2\text{CO}_3] = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

En la segunda ionización se forma ión carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), y las concentraciones de  $\text{H}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$  calculadas corresponden a las concentraciones iniciales de esta nueva especie; entonces:

	$\text{HCO}_{3(\text{ac})}^-$	$\rightarrow$	$\text{H}^+_{(\text{ac})}$	+	$\text{CO}_{3(\text{ac})}^{2-}$
Inicialmente	$6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}$		$6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}$		0
Cambio	$-y$		$y$		$y$
En equilibrio	$6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M} - y$		$6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M} + y$		$y$



Al sustituir las concentraciones en equilibrio en la constante de equilibrio de la segunda ionización, se tiene:

$$4,8 \cdot 10^{-11} = \frac{[6,7 \cdot 10^{-5} + y] \cdot y}{[6,7 \cdot 10^{-5} - y]}$$

Supondremos nuevamente que  $y$  es despreciable en comparación con el valor  $6,7 \cdot 10^{-5} M$ , razón por la cual la expresión se simplifica y se obtiene:

$$y = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

Por lo tanto:  $[CO_3^{2-}] = 4,8 \cdot 10^{-11}$

Algunos ácidos comunes polipróticos y sus respectivas constantes de acidez se presentan en la tabla 16.

**Tabla 16**  
Constante de acidez para algunos ácidos polipróticos

Ácido	Fórmula	$K_{a1}$	$K_{a2}$	$K_{a3}$
Arsénico	$H_3AsO_4$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-12}$
Carbónico	$H_2CO_3$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	
Fosfórico	$H_3PO_4$	$7,11 \cdot 10^{-3}$	$6,32 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-13}$
Sulfúrico	$H_2SO_4$	Fuerte	$1,02 \cdot 10^{-2}$	
Sulfhídrico	$H_2S$	$9,6 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-14}$	
Sulfuroso	$H_2SO_3$	$9,6 \cdot 10^{-8}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	

Los ácidos y bases son importantes materias primas para la industria, utilizados en la fabricación de fertilizantes, metales, plásticos y alimentos, además de tener muchas aplicaciones en el hogar. Por ejemplo, los antiácidos utilizados para neutralizar la acidez estomacal, o el uso de sales ácidas como el hidrógeno sulfato de sodio ( $NaHSO_4$ ) que ocupan los jardineros para acidificar los suelos, entre muchas otras.



En el sitio

[http://catedras.quimica.unlp.edu.ar/correlacion/Info\\_Promo/Material%20Complementario/Diapos/Naturales/AcidosyBasesNaturales\\_1a\\_parte.pdf](http://catedras.quimica.unlp.edu.ar/correlacion/Info_Promo/Material%20Complementario/Diapos/Naturales/AcidosyBasesNaturales_1a_parte.pdf) podrás encontrar textos resumen, sobre los contenidos que has estudiado.





## DESAFÍO

## Habilidades por desarrollar:

- Interpretar
- Aplicar
- Calcular

- 1 Determinen el pH de las siguientes disoluciones:
  - a. De una disolución de ácido clorhídrico (HCl) 0,051 M.
  - b. Del ácido fluorhídrico (HF) 0,057 M de  $K_a$   $7,0 \cdot 10^{-4}$ .
  - c. De una disolución de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 0,01 M.
  - d. Del amoníaco (NH<sub>3</sub>) 0,067 M, que en agua forma el ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y el ión hidroxilo (OH<sup>-</sup>).
  - e. De hidróxido de potasio (KOH) 0,35 M.

- 2 Para obtener la concentración a partir del pH o del pOH, deben aplicar la siguiente expresión, respectivamente:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ y } [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Obtengan la concentración de las siguientes disoluciones:

- a. Una taza de café que tiene un pH 5
  - b. Un vaso de leche de pH 6,5
  - c. Un vaso de sal de fruta antiácido de pH 9
- 3 Resuelve los siguientes ejercicios:
    - a. Calcula el pH de una disolución 0,1 M de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). (Considere que su constante de acidez es muy grande).
    - b. ¿Cuál es el pH de una disolución 0,25 M de ácido fórmico (HCOOH) si su  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ?
    - c. Encuentra la concentración de todos los iones presentes en una disolución 0,1 M de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).  
Datos :  $K_{a1} = 9,6 \cdot 10^{-8}$  ;  $K_{a2} = 1,3 \cdot 10^{-14}$
  - 4 Si usamos agua dura para cocinar, las sales de calcio y magnesio no son arrastradas por el vapor de agua que se desprende, sino que se acumulan al fondo de las ollas, formando el conocido sarro. Esto dificulta la transmisión del calor del metal al agua, por lo cual se necesita gastar más energía para la cocción de los alimentos. Cuando se utiliza agua dura para lavar, observamos que el jabón no se mezcla con el agua. Decimos entonces que el jabón se corta y necesitamos disolver una gran cantidad de jabón en el agua hasta conseguir la disolución jabonosa necesaria para el lavado. La dureza temporal del agua se puede controlar, en gran escala, añadiendo hidróxido de calcio. Representen este proceso a través de ecuaciones químicas.



Ahora que has desarrollado los ejercicios y problemas propuestos, reflexiona y comenta con otros estudiantes. ¿Pude calcular el pH las sustancias solicitadas empleando algoritmos?, ¿qué dificultades se presentaron durante el desarrollo de los problemas?, ¿qué aspectos del cálculo de pH, en los problemas planteados, te resultaron complejos?, ¿qué debes hacer para mejorarlos y continuar con el proceso de aprendizaje?



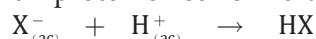
## 7. Hidrólisis

### RECUERDA QUE

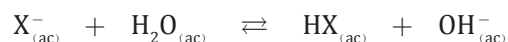
Una Sal es un compuesto iónico formado por un catión diferente al  $H^+$  y un anión diferente al  $OH^-$  y  $O^{2-}$ .

La **hidrólisis** es una reacción química que se produce cuando algunos iones reaccionan con el agua y generan iones  $H^+_{(ac)}$  u  $OH^-_{(ac)}$ . Estas reacciones se producen cuando las sales se disuelven en agua y se disocian totalmente. Todas las sales son electrolitos fuertes, razón por la cual, las propiedades ácido base de las disoluciones de sales se deben al comportamiento de los cationes y aniones que los constituyen.

- **Aniones:** Los aniones ( $X^-$ ) se pueden considerar como la base conjugada de un ácido y para estimar su fuerza es necesario agregar un protón en su fórmula, según la ecuación general:



Si HX es un ácido fuerte, entonces  $X^-$  (el anión) tiene una baja tendencia a quitar protones al agua y el equilibrio estará desplazado a la izquierda en la ecuación:



Lo que significa que el anión ( $X^-$ ) no influye en el pH de la disolución.

En cambio si es un ácido débil,  $X^-$  reacciona con el agua para formar el ácido débil e iones  $OH^-$ , influyendo sobre el pH, aumentándolo.

- **Cationes:** Los cationes (con carga positiva) poliatómicos (contienen uno o más protones) se consideran como ácidos conjugados o bases débiles. Así:
  - Los cationes con presencia de  $H^+$ , donan protones al agua, permitiendo la formación de iones hidronio, provocando la disminución del pH, al igual que los iones metálicos.
  - Los iones de metales denominados "alcalinos" y "alcalinotérreos" (grupo 1 y 2 de la tabla periódica) presentes generalmente en bases fuertes, no reaccionan con el agua y no influyen en el pH.

### En síntesis:

- Un anión que es la base conjugada de un ácido fuerte no influye en el pH de una disolución.
- Un anión que es la base conjugada de un ácido débil aumenta el pH.
- Un catión que es el ácido conjugado de una base débil disminuye el pH.
- Con excepción de los iones del grupo 1 y 2 los iones metálicos disminuyen el pH.
- Cuando una disolución contiene la base conjugada de un ácido débil y además el ácido conjugado de una base débil, el ión con la constante de disociación más grande tendrá la mayor influencia en el pH.



## Neutralización

### Estudiaremos

Procesos de neutralización.

### Introducción

La neutralización, también denominada **volumetría de neutralización**, es un proceso muy importante en el trabajo con sustancias ácidas y básicas.

### Paso 1: Exploración

Cuando se mezclan las sustancias ácido-base se produce un proceso de neutralización. Investiguen qué es una neutralización.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Les inventamos a que investiguen y respondan las siguientes preguntas de exploración:

- ¿Qué es una neutralización?
- ¿Cuándo se produce?
- ¿Qué sucede durante este proceso?

Además pueden elaborar otras preguntas, que les permitan guiar su trabajo.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Trabajaremos con ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, ambas sustancias representantes de ácidos y bases fuertes, respectivamente. ¿Qué creen que sucederá? Planten sus hipótesis de trabajo.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 Enumeren los tubos de ensayo en pares; por ejemplo: 1A y 1B, 2A y 2B, 3A y 3B.
- 2 Agregar 2 mL de agua destilada a los tubos 1A, 1B, 2A y 2B.
- 3 En el tubo 1A depositen sobre el agua 2 mL de ácido clorhídrico (HCl) y en el 1B coloquen 2 mL de hidróxido de sodio (NaOH).
- 4 En el tubo 2A depositen sobre el agua 1 mL de HCl y en el 2B, 1 mL de NaOH.
- 5 En el tubo 3A agreguen 1 mL de agua y 2 mL de HCl y en el 3B añadan 1 mL de agua y 1 mL de NaOH.
- 6 Ordenen los tubos de ensayo en la gradilla.
- 7 Sobre un papel de oficio blanco depositen un vidrio reloj (o dos si lo consideran necesario), seis trozos de papel o cinta de pH. Ordenen los papeles de manera tal que les sea fácil recordar qué papel corresponde a qué tubo.
- 8 Dispongan en la mesa de trabajo un vaso de precipitado con agua destilada y un trozo de papel filtro.
- 9 Con la ayuda de un gotario, depositen dos gotas de la disolución del tubo 1A sobre el papel pH, esperen un momento y establezcan el pH de la disolución.
- 10 Repitan el procedimiento 9 con cada una de las disoluciones preparadas.
- 11 Una vez determinado y registrado el pH de cada disolución, con un gotario limpio agreguen a cada tubo de ensayo dos gotas de fenolftaleína, y registren los cambios que observan.
- 12 Sobre el tubo 1B depositen lentamente el contenido del tubo 1A, observen y registren los cambios. Repitan exactamente el mismo procedimiento (tubos A sobre tubos B) con las disoluciones de los tubos 2 y 3.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Interpretar
- Formular
- Predecir
- Comprobar
- Predecir
- Diseñar
- Evaluar

### Materiales

- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Vaso de precipitado
- Pipeta
- Gotario
- Vidrio reloj

### Reactivos

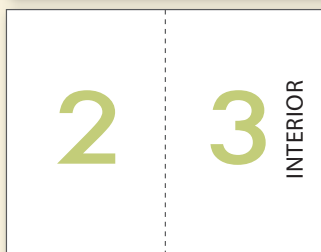
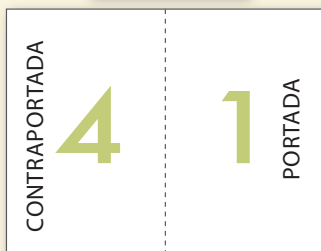
- Ácido clorhídrico (HCl) 0,1 M
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 M
- Fenolftaleína
- Papel pH
- Agua destilada



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajen con cuidado, ya que estarán en contacto con ácidos y bases. Ambos reactivos producen quemaduras.

Recuerda que debes entregar las disoluciones trabajadas en la actividad al docente, quien procederá a eliminarlas según el protocolo establecido en el laboratorio.



13 Midan el pH de las mezclas de disoluciones de los tubos 1, 2 y 3 con la ayuda de cinta de pH.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren los cambios que observan, confeccionen una bitácora de laboratorio y en ella dispongan todos los datos recogidos durante la actividad experimental.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Con la ayuda de tablas u otros sistemas que consideren convenientes, ordenen los datos obtenidos.

**Paso 7: Análisis de datos**

Para conducir el análisis de los datos obtenidos, respondan en primer lugar las preguntas de exploración y luego, las que a continuación se proponen.

- 1 En todas las mezclas se produce la reacción entre el HCl y el NaOH. ¿Cuál es la ecuación química balanceada que representa correctamente la reacción química?
- 2 Considerando la ecuación química planteada, ¿cómo explican lo que ocurre al mezclar los tubos 1A con 1B y 2A con 2B?
- 3 Predigan, observando los datos arrojados por los tubos 3A y 3B por separado y en la mezcla de ambos, qué sucedió y cómo se explican los datos de la mezcla de ambas disoluciones.
- 4 ¿Qué se puede hacer para que las disoluciones de los tubos 3 alcancen el pH 7? Establezcan un diseño experimental y comprueben la hipótesis.
- 5 ¿Se comprueban las hipótesis planteadas?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

En conclusión, ¿qué es la neutralización?

Para comunicar tus resultados, te invitamos a elaborar un díptico informativo como el que se presenta a continuación. En él debes disponer toda la información de la actividad, desde la observación hasta las conclusiones, considerando además que:

- Debes usar un lenguaje formal.
- Redactar en tercera persona.
- Entregar información en forma comprensible; es decir, cualquier persona debe ser capaz de leer y entender lo que están informando.
- Debes ser creativos, para lo cual pueden utilizar colores, dibujos, esquemas, mapas conceptuales, etcétera.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

En esta oportunidad deberán elegir la forma de evaluar individualmente el trabajo realizado, considerando los siguientes criterios de evaluación:

- Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.
- Formulo hipótesis empleando la creatividad y flexibilidad.
- Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos.
- La actividad planteada me permitió desarrollar habilidades de investigación.
- Comprendo qué es la neutralización y puedo explicarla empleando un vocabulario sencillo.
- Practico la honestidad al presentar y discutir los resultados obtenidos.



## 8. Neutralización

Observa la imagen y lee el siguiente texto:



La acidez estomacal es una sensación de irritación del estómago o del esófago. Esta sensación muchas veces es acompañada por un gusto agrio o amargo en la garganta y en la boca, que generalmente se produce por factores como las comidas grasosas, la cafeína, el consumo de medicamentos, el estrés, entre otros. Para disminuir estas molestias las personas consumen antiácidos.

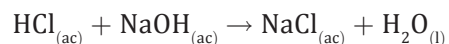
- Si has ingerido alguna vez un antiácido, ¿podrías explicar el efecto que produce y por qué?
- Observa uno de los productos que ocupas como antiácido y menciona cuál es el componente químico que contiene ¿Es una base o un ácido?
- Basándote en la actividad experimental realizada anteriormente, ¿qué entiendes por "Neutralización"?

Al reaccionar un ácido y una base se produce una **neutralización**, en la que es posible constatar la formación de una sal y de agua según el mecanismo general:



Al obtenerse una sal neutra, el pH de los productos es cercano a 7,0, lo que ciertamente depende de la fuerza de las especies que reaccionan.

Lo anterior se explica al recordar que los ácidos liberan iones hidrógeno y las bases iones hidroxilos, los que al combinarse forman como producto una molécula de agua. Por ejemplo, la reacción estudiada en el anterior trabajo de exploración:



En la práctica, la obtención del punto de neutralización de una sustancia tiene diversas aplicaciones, siendo la más primordial la de establecer mecanismos que permitan restringir la acción de una base o de un ácido; por ejemplo, en quemaduras o cuando nos "arde el estómago" o en la picadura de un insecto para neutralizar el dolor.





**SABÍAS QUE**

La picada de un zancudo desprende ácido fórmico, que es una sustancia que reacciona con la dermis. Al cambio brusco de pH (pasar de neutro a ácido, en alguna parte del organismo) se produce una reacción alérgica; por ello salen las ronchas y provocan picores. Puede aliviarse aplicando compresas de amoníaco diluido (tiene un pH de 11,63).



El punto de neutralización supone que la cantidad de moles de iones  $H^+$  y  $OH^-$  se igualan, alcanzando el pH neutro. Así:

$$n_{H^+} = n_{OH^-}$$

sabiendo que la concentración molar de las especies se define como:  $M = \frac{n}{V}$  y que al despejar la cantidad de sustancia o moles de soluto se obtiene:  $n = M \cdot V$ .

Remplazando la expresión  $n = M \cdot V$ , en la  $n_{H^+} = n_{OH^-}$ , se obtendrá lo siguiente:

$$M_{H^+} \cdot V_{H^+} = M_{OH^-} \cdot V_{OH^-}$$

La expresión obtenida nos permitirá determinar teóricamente el volumen y/o concentración de una especie al ser neutralizada. Revisemos nuevamente la actividad exploratoria.

En los tubos 1A y 1B se depositaron 2 mL de agua destilada y, sobre ella, 2 mL de ácido clorhídrico 0,1 M y 2 mL de hidróxido de sodio 0,1 M, respectivamente.

En el tubo 1A se tienen finalmente 4 mL de disolución de HCl 0,05 M y en el tubo B 4 mL de NaOH 0,05 M. Sobre el tubo B se agregó el tubo A, es decir:

$$0,05 M \cdot 4 \text{ mL} = 0,05 M \cdot 4 \text{ mL}$$

La igualdad se cumple; por tanto, al mezclar ambas disoluciones de igual concentración y volumen, se obtendrá la neutralización, situación similar a la ocurrida con las disoluciones de los tubos 2.

En cambio, en los tubos 3 se tiene:

- En el tubo 3A se mezcló 1 mL de agua y 2 mL de HCl 0,1 M, obteniendo una disolución de 3 mL de 0,07 M.
- En el tubo 3B se mezcló 1 mL de agua y 1 mL de NaOH 0,1 M, obteniendo una disolución de 2 mL de 0,05 M.

Observarás que tenemos dos disoluciones de volúmenes y concentraciones distintas, por ende:

$$[HCl] \cdot V_{(HCl)} = [NaOH] \cdot V_{(NaOH)}$$

$$0,07 M \cdot 3 \text{ mL} = 0,05 M \cdot 2 \text{ mL}$$

La igualdad no se cumple, por lo que no se logrará la neutralización. De hecho, el ácido es más concentrado y de mayor volumen; luego, al mezclar los reactivos, la elevada concentración del ácido primará por sobre la base y el resultado final será una disolución de naturaleza ácida.



Ahora bien, si no disponemos de uno de los datos, podremos determinar las condiciones teóricas para que se cumpla la neutralización. Lee atentamente.

Sabemos que el ácido es más concentrado; por lo tanto, será más fácil que éste neutralice la base. ¿Cómo? Puesto que conocemos la molaridad de la disolución básica, nuestro cuestionamiento es qué cantidad o volumen de ácido puede neutralizar la base.

$$0,07 M \cdot V_{H^+} = 0,05 M \cdot 2 \text{ mL}$$

Al despejar el volumen del ácido se tiene:

$$V_{H^+} = \frac{0,05 M \cdot 2 \text{ mL}}{0,07 M} = 1,43 \text{ mL}$$

Es decir, si se cuenta con un ácido  $0,07 M$  y  $2 \text{ mL}$  ( $2 \cdot 10^{-3} \text{ L}$ ) de una base  $0,05 M$ , será necesario agregar  $1,43 \text{ mL}$  del ácido para neutralizar la base. ¡Comprobemos!

$$0,07 \text{ mol/L} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,05 \text{ mol/L} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Al revés, si se quiere neutralizar el ácido ( $0,07 M$  en  $3 \text{ mL}$ ) con la base ( $0,05 M$  en  $2 \text{ mL}$ ), los  $3 \text{ mL}$  de ácido de concentración  $0,07 M$  con la disolución básica de  $2 \text{ mL}$  y concentración  $0,05 M$ , nuestra pregunta es: ¿qué cantidad de volumen de base neutralizará el ácido?

$$0,07 M \cdot 3 \text{ mL} = 0,05 M \cdot V_{OH^-}$$

Al despejar el volumen de la base, se tiene:

$$V_{OH^-} = \frac{0,07 M \cdot 3 \text{ mL}}{0,05 M} = 4,2 \text{ mL}$$

La hidrólisis tiene múltiples aplicaciones en la industria, por ejemplo, la hidrólisis industrial de la sacarosa, que da origen al azúcar utilizado como edulcorante en formulaciones alimenticias y de medicamentos, o la hidrólisis enzimática para la obtención de jarabes de glucosa o fructosa, utilizados en la elaboración de bebidas refrescantes, conservas de frutas, etc.

Por otra parte, las reacciones de neutralización, se aplican en la industria textil, en la industria alimentaria, en la metalurgia, en la elaboración de productos cosméticos (para regular el pH de los productos haciéndolos más ácidos o básicos, dependiendo del tipo de piel de las personas que lo utilizarán).



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Interpretar
- Clasificar
- Calcular
- Inferir

- 1 Lee atentamente y observa los datos entregados en los siguientes ejercicios. Predice cómo se logrará la neutralización en cada caso.
  - a. Se dispone de 2 mL de ácido fluorhídrico 0,2 M y es necesario neutralizar una base fuerte de concentración 0,25 M. ¿Qué volumen de ácido es necesario emplear?
  - b. 20 mL de una base (NaOH) de pOH desconocido se derraman sobre un mesón del laboratorio de química. Para limpiar el derrame será necesario, en primer lugar, neutralizar la base empleando un ácido fuerte, como HI. En los gabinetes del laboratorio existen 10 mL de ácido yodhídrico de concentración 0,2 M. Al mezclar ambas sustancias se produce neutralización completa, pues al registrar el pH de la mezcla con papel pH se observa pH 7. ¿Cuál es la concentración y el pH de la base?
  - c. Se dispone en una vaso de precipitado de 10 mL de un ácido fuerte como el HCl de pH = 2 y es necesario neutralizarlo con una base, alcanzando un volumen total de mezcla igual a 25 mL. ¿Qué concentración de hidróxido de potasio se debe emplear para lograr la neutralización completa?
  - d. Si 10 mL de una disolución de ácido bromhídrico presentan un pH = 3 y al agregar 5 mL de hidróxido de litio se establece que el pH de la mezcla alcanza el valor 7,5, ¿cuál era la concentración de la mezcla?
- 2 Elabora las ecuaciones químicas que explican las reacciones de neutralización de los ejercicios a, b y c.
- 3 Elige una de las mezclas y actividades propuestas. Elabora un diseño experimental que te permita comprobar los datos teóricos y aplícalo.

Evalúa el trabajo realizado y el nivel de logro y marca con una **X** la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Leí y me preocupé de practicar las habilidades por desarrollar.?			
¿He practicado la observación durante el trabajo realizado.?			
¿Formulo hipótesis empleando la creatividad y flexibilidad.?			
¿Puedo determinar las cantidades estequiométricas de disoluciones en reacciones de neutralización.?			
¿Comprendo las aplicaciones de la neutralización y puedo establecer cálculos y procedimientos prácticos.?			



## Volumetría ácido-base

### Estudiaremos

Titulaciones ácido-base.

### Introducción

Durante esta actividad deberán realizar un proceso de investigación. ¿Qué es la titulación o volumetría? Es la pregunta central de la actividad experimental.

### Paso 1: Exploración

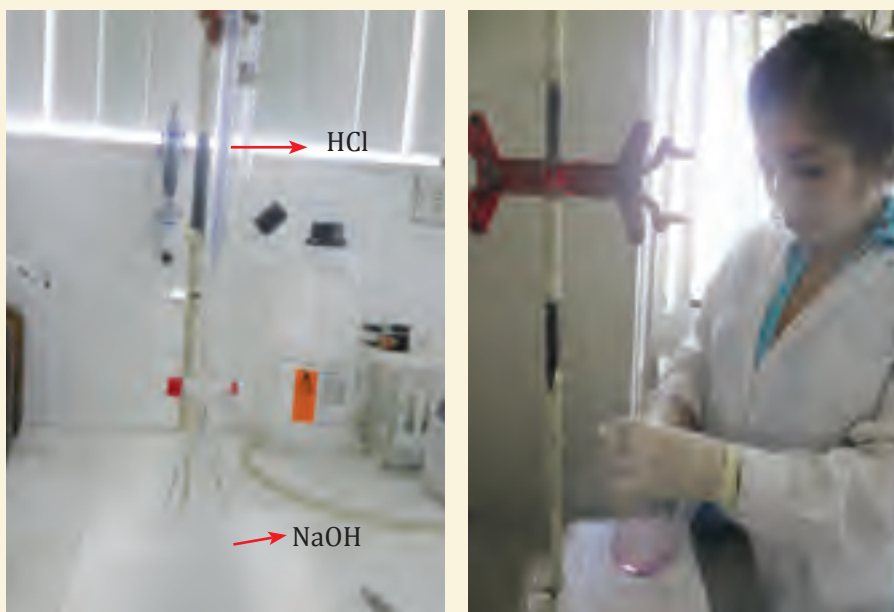
En diferentes fuentes de información, investiguen qué es una titulación y cuáles son sus aplicaciones.

### Pasos 2 y 3: Preguntas de exploración y Formulación de hipótesis

Sobre la base de las preguntas de investigación, formulen las hipótesis para el proceso de titulación entre HCl y NaOH en presencia de fenolftaleína.

### Paso 4: Diseño experimental

En un proceso de titulación es necesario montar un equipo como el que se muestra en la imagen.



En la bureta se deposita el ácido (HCl), y en el matraz Erlenmeyer, la base (NaOH), junto a unas gotas (2 o 3) del indicador (fenolftaleína).

### NOTAS

No olviden los siguientes pasos del trabajo experimental; practíquenlos y descríbanlos en un informe de laboratorio.

### Paso 5: Registro de observaciones

### Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos

### Paso 7: Análisis de datos

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Analizar
- Formular hipótesis
- Identificar
- Comprender
- Interpretar
- Graficar
- Comunicar
- Evaluar

### Materiales

- Una bureta
- Pipeta
- Peachímetro
- Gotario
- Soporte universal
- Matraz Erlenmeyer
- Pinzas para soporte

### Reactivos

- HCl 0,1M
- NaOH (concentración desconocida)
- Fenolftaleína



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Ten presente al trabajar con el ácido clorhídrico (HCl) y el hidróxido de sodio (NaOH), no tocarlos y manipularlos con los instrumentos apropiados. Si tienes alguna duda recurre al docente a cargo.

Recuerda que debes entregar las disoluciones trabajadas en la actividad al docente, quien procederá a eliminarlas según el protocolo establecido en el laboratorio.

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

En el análisis de datos es fundamental que elaboren un gráfico de pH vs. volumen de ácido agregado, al que denominarán Gráfico: titulación del NaOH con HCl.

Antes de que elaboren el informe de laboratorio, ingresen al siguiente sitio [http://www.vaxasoftware.com/soft\\_edu/winval.html](http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/winval.html) donde podrán descargar una versión de evaluativa de un software, sobre las titulaciones ácido- base. En ella podrán valorar un ácido débil, con una base fuerte.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Para evaluar el trabajo realizado, marca la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Practico la honestidad al presentar y discutir los resultados obtenidos.			
Formulo hipótesis empleando la creatividad y flexibilidad.			
Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos.			
La actividad planteada me permitió desarrollar habilidades de investigación.			
Reconozco los errores cometidos durante una actividad y trato de enmendarlos.			
Comprendo y asumo con humildad las críticas y observaciones de mis compañeros y compañeras, entendiendo que me las indican a fin de mejorar.			
Cooperaré activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Me preocupo de respetar la vida y cuidado de mis compañeros y compañeras y la propia, tomando todas las precauciones necesarias durante el trabajo de laboratorio.			
Comprendo qué es una titulación o volumetría y cuáles son sus aplicaciones.			
En los procedimientos experimentales realizados, me he preocupado de trabajar rigurosamente, especialmente durante la observación y la medición.			
No manipulé ninguno de los resultados obtenidos y los di a conocer tal cual, tratando de comprenderlos.			

De acuerdo a tus respuestas, ¿cuál es tu nivel de logro respecto de la actitud de la humildad en reconocer abiertamente que nadie es poseedor de la verdad y que el conocimiento de todo ser humano es limitado e imperfecto? Comenta brevemente.





## 9. Titulaciones ácido – base

Al preparar una disolución en el laboratorio existe una alta probabilidad de que la concentración obtenida no sea exactamente igual a la que se propuso originalmente, esto por los errores experimentales asociados al proceso, como por ejemplo, exactitud de medición, limpieza de materiales empleados, pureza de las sustancias usadas, entre tantos otros. Justo en este momento se presenta el siguiente cuestionamiento.

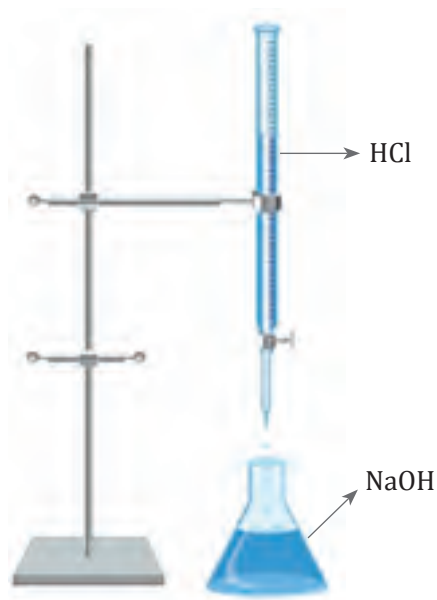
- *¿Cómo crees que podrías determinar la concentración de una disolución de un ácido o de una base?*
- *Discútelo junto a un compañero y establece una propuesta.*

El proceso más común y exacto para determinar la concentración de una disolución, es la **titulación o volumetría ácido-base**, que consiste en agregar gradualmente una disolución de concentración conocida, a otra disolución de concentración desconocida, hasta que la neutralización se complete.

El punto en que ha reaccionado completamente el ácido con la base se llama **punto de equivalencia de la titulación**. Para determinar este punto, se utiliza un indicador que se caracteriza porque tiene colores diferentes en medio ácido y en medio básico. El punto en que cambia el color de un indicador se llama **punto final de la titulación**. Por lo tanto, hay que elegir un indicador cuyo punto final corresponda o se acerque lo más posible al punto de equivalencia.

En una titulación ácido-base, se agrega poco a poco una disolución que contiene una concentración conocida de base a un ácido (o bien, se agrega el ácido a la base). Se puede emplear un pH-metro para seguir el avance de la reacción, elaborando una curva de titulación de pH, que es una gráfica del pH en función del volumen de titulante agregado. La forma de la curva de titulación permite establecer el punto de equivalencia de la titulación, así como la elección de indicadores idóneos y determinar  $K_a$  del ácido débil o la  $K_b$  de la base débil que se está titulando.

En la siguiente figura, se observa que el titulante se agrega a la disolución desde una bureta. El pH se puede detectar por medio de un pH-metro en la sustancia titulada, que se dispone en el vaso o matraz que está en la parte baja del sistema.



### SABÍAS QUE

El pH-metro, es un instrumento que detecta la reacción de un ácido con una solución estándar. Mide la diferencia de potencial que se establece entre los electrodos, dependiendo de la concentración del medio que se analiza. Este aparato presenta dos electrodos o un electrodo combinado. Se debe calibrar periódicamente con disoluciones patrón de pH conocido.



Las curvas de titulación serán características de cada proceso, como las que se representan a continuación. En ellas se observa la titulación de una base fuerte (titulada) con un ácido fuerte (HCl, titulante) y de un ácido fuerte (titulada) con una base fuerte (NaOH, titulante).

Gráfico A

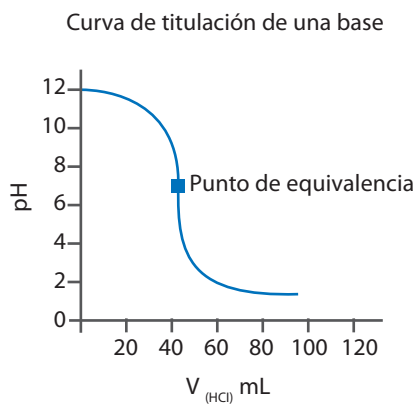
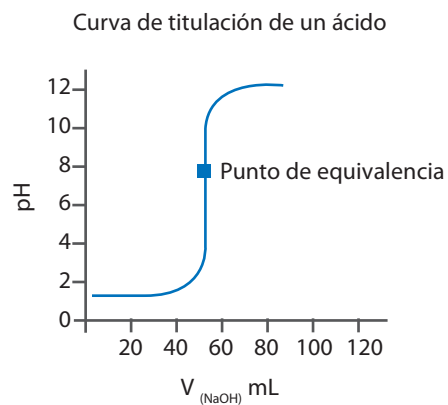


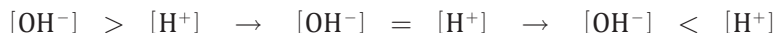
Gráfico B



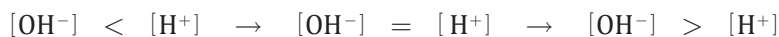
Como se puede observar en los gráficos, al titular, la especie experimenta cambios de pH paulatinos, así por ejemplo en el gráfico A se puede observar el descenso del pH, lo que explicaría la estandarización o titulación de una base, cuyo pH inicial alcanza valor 12, y luego de agregar una sustancia ácida, alcanza un pH cercano a 1. Asimismo, el gráfico B muestra el proceso contrario, en el que un ácido con pH igual 1, se titula con una sustancia básica hasta alcanzar un pH 12.

En la gráfica A se ve que el pH disminuye en la medida que el volumen de ácido agregado aumenta, pasando por el punto de neutralización o punto de equivalencia ( $pH = 7$ ), para alcanzar un pH ácido.

Si observas atentamente la gráfica A, observarás que durante la titulación se produce una zona en donde coexisten tres relaciones de concentraciones:



Por el contrario, en la gráfica B, se observan las siguientes relaciones de concentración:



Las titulaciones y sus respectivos comportamientos se describen en la siguiente tabla:



Tabla 17  
 Titulaciones ácido-base

Momento de la titulación	Titulación ácido – base		Titulación base – ácido	
	Relación $[H^+]$ $[OH^-]$ en el vaso o matraz	Titulante – Base. Titulada – Ácido.	Relación $[H^+]$ $[OH^-]$ en el vaso o matraz	Titulante – Ácido. Titulada – Base.
pH Inicial.	Solo $[H^+]$	El pH de la disolución antes de la adición de base está determinado por la concentración inicial del ácido.	Solo $[OH^-]$	El pH de la disolución antes de la adición de ácido está determinado por la concentración inicial de la base.
Entre el pH inicial y el punto de equivalencia	$[H^+] < [OH^-]$	A medida que se agrega base el pH aumenta lentamente al principio y luego con rapidez en los alrededores del punto de equivalencia. El pH de la disolución antes del punto de equivalencia está determinado por la concentración del ácido que aún no ha sido neutralizado.	$[H^+] > [OH^-]$	A medida que se agrega base el pH aumenta lentamente al principio y luego con rapidez en los alrededores del punto de equivalencia. El pH de la disolución antes del punto de equivalencia está determinado por la concentración de la base que aún no ha sido neutralizada.
Punto de equivalencia.	$[H^+] = [OH^-]$	Ha reaccionado el mismo número de moles de base que de ácido, y que da solo una disolución de su sal. El pH de la disolución es de 7 por que se ha producido una hidrólisis. Lo óptimo en una titulación es que el indicador cambie de color en el punto de equivalencia. En la práctica, sin embargo, esto es innecesario. El pH cambia con gran rapidez cerca del punto de equivalencia, y en esta región una simple gota de titulante puede hacer que el pH cambie en varias unidades.	$[H^+] = [OH^-]$	Ha reaccionado el mismo número de moles de base que de ácido, y que da solo una disolución de su sal. El pH de la disolución es de 7 por que se ha producido una hidrólisis. Lo óptimo en una titulación es que el indicador cambie de color en el punto de equivalencia. En la práctica, sin embargo, esto es innecesario. El pH cambia con gran rapidez cerca del punto de equivalencia, y en esta región una simple gota de titulante puede hacer que el pH cambie en varias unidades.
Después del punto de equivalencia.	$[H^+] > [OH^-]$	El pH de la disolución después del punto de equivalencia está determinado por la concentración de base en exceso presente en la disolución.	$[H^+] < [OH^-]$	El pH de la disolución después del punto de equivalencia está determinado por la concentración de ácido en exceso presente en la disolución.



En el sitio

<http://quim.iqi.etsii.upm.es/didacticaquimica/audiovisuales/valoracion.html> podrás encontrarás una simulación con la cual podemos realizar una valoración ácido-base



### a. Determinación del pH en titulaciones

Durante la titulación, el pH de la disolución va experimentando cambios que se pueden registrar de manera experimental empleando un pH-metro o una cinta de pH, la última arroja resultados menos exactos.

Teóricamente, comprender el proceso no resulta complejo y calcular su pH, menos; solo se necesita la concentración.

Al titular un ácido fuerte con una base fuerte (independiente de cuál es el titulante y cual el titulado) el cálculo de pH es fácil de realizar, pues la concentración de pH se considera 100% disociada.

Sigue atentamente el siguiente ejemplo:

Ejemplo

Al titular 5 mL de NaOH de concentración 0,1 M con HCl 0,1 M del cual se disponen 20 mL, deberás conocer en primer lugar la cantidad de moles de cada sustancia, considerando que  $n = M \cdot V$

$$\begin{aligned} n_{\text{H}^+} &= 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,02 \text{ L} & n_{\text{OH}^-} &= 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,005 \text{ L} \\ n_{\text{H}^+} &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} & n_{\text{OH}^-} &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

Como podrás observar, el número de moles de la base es menor que el del ácido, así es que se dispone el ácido en la bureta y la base en el matraz. El pH depende solo de la base, cuando  $V_{\text{HCl}} = 0 \text{ mL}$ . En este caso, la base es fuerte ( $[\text{OH}^-] = C_0$ ). En tal situación el  $\text{pH} = 13$  ya que:

$$\text{pOH} = -\log 0,1$$

$$\text{pOH} = 1$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} = 13$$

Al agregar ácido a la solución, por ejemplo 1 mL, se añade en el matraz una cantidad de moles específica que calcularemos a continuación:

$$V_{\text{HCl}} = 1 \text{ mL}$$

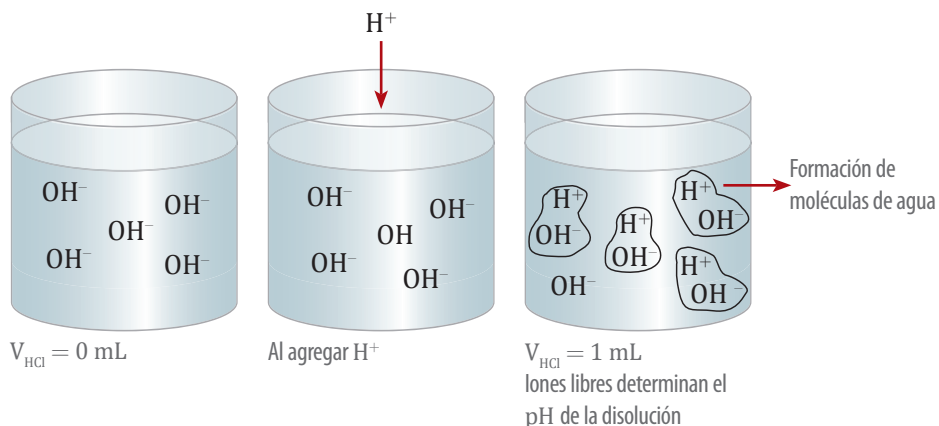
$$n_{\text{H}^+} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Estos moles de  $\text{H}^+$  reaccionarán con los moles de  $\text{OH}^-$  presentes en el matraz (NaOH se disocia 100 %), formando agua; entonces, a los  $5 \cdot 10^{-4}$  moles deberemos restar los moles de ácido agregados, pues pasarán a formar agua, pero aún quedarán algunos libres en la disolución:

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = n_{(\text{OH}^- \text{ en disolución})} - n_{(\text{H}^+ \text{ adicionados})}$$

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$





Los moles de  $\text{OH}^-$  disueltos se encuentran en 6 mL (5 mL de la base y 1 mL del ácido agregado). Por lo tanto, la nueva concentración de  $\text{OH}^-$  en la disolución será:

$$M_{\text{disolución}} = n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} / V_{\text{total}}$$

$$M_{\text{disolución}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 6 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$M_{\text{disolución}} = 0,067 \text{ M}$$

La concentración obtenida corresponde a los iones  $[\text{OH}^-]$  que no han sido neutralizados; por lo tanto, de ellos depende el pH. Visto así, el pH de la disolución es:

$$\text{pOH} = -\log 0,067 = 1,17$$

$$\text{pH} = 12,8$$

Podrás observar que el cambio de pH no es significativo, razón por la cual pasaremos a un volumen mayor; por ejemplo, agregaremos 2 mL de ácido para completar un volumen total de 3 mL.

$$n_{\text{H}^+} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Los moles de  $\text{OH}^-$  disueltos se encuentran en un volumen total de 8 mL (5 mL originales de la base y 3 mL de ácido agregado); por lo tanto, la nueva concentración de  $\text{OH}^-$  en la solución será:

$$M_{\text{disolución}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 8 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$M_{\text{disolución}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

La concentración obtenida corresponde a los iones  $[\text{OH}^-]$  que no han sido neutralizados; entonces, de ellos depende el pH. Visto así, el pH de la disolución es:

$$\text{pOH} = -\log 0,025 = 1,6$$

$$\text{pH} = 12,4$$

Siguiendo el mismo procedimiento, calcularemos el pH a 5, 6 y 7 mL de ácido agregado.

Se puede verificar que a 5 mL de ácido agregado  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ; luego, la solución alcanzó el  $\text{pH} = 7$ .





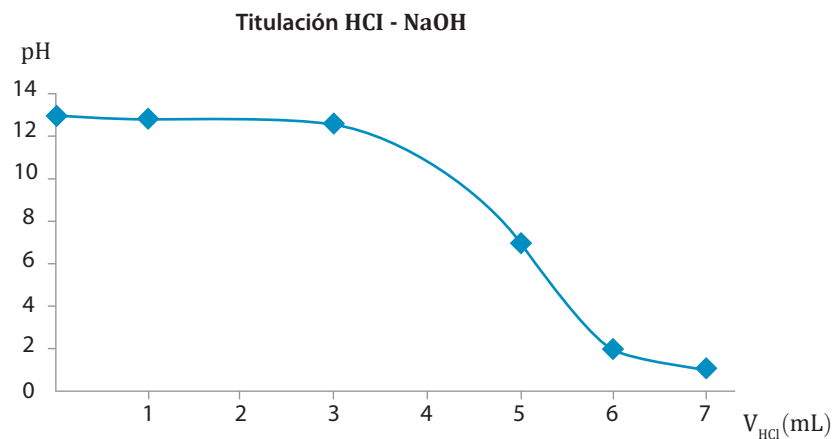
Desde aquí en adelante se producirá un exceso de  $[H^+]$ ; es decir, los moles de  $H^+$  estarán en exceso, provocando que el pH dependa de su concentración. Así, se observará:

Total	$V_{HCl}$	$n_{H^+}$	$n_{No\ neutralizados\ H^+}$	$M_{disolución}$	$pH_{disolución}$
11	6	$6 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	2,0
12	7	$7 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	1,2

El total de los datos generados en el proceso de titulación han sido agrupados en el siguiente cuadro resumen.

$V_{HCl\ agregado}$	pH
0	13
1	12,8
3	12,4
5	7
6	2,0
7	1,2

Con estos datos podemos obtener una curva de titulación ácido-base, como la que se presenta a continuación:



La curva de titulación muestra el comportamiento del pH de una disolución de NaOH a la que se agregó HCl sistemáticamente.

¿Qué puedo observar?

1. El cambio de pH en el rango de volumen de ácido agregado entre 1 a 3 mL es muy pequeño y la disolución mantiene su naturaleza básica.
2. Entre el rango de volumen 4 a 5 mL se produce un cambio radical de pH; la disolución pasa de ser básica a ácida.
3. Para finalizar, entre el rango de volumen de 5 y 6 mL, el pH de la disolución se mantiene ácido.



¿Por qué se produce esto?

Al agregar HCl se suman a la disolución iones  $H^+$  que neutralizan completamente el  $OH^-$  y para quedar posteriormente no neutralizados, lo que cambia radicalmente el pH de la disolución. Esto ocurre solo con una gota de ácido, compuesta por miles de iones  $H^+$ .

Las titulaciones ácido débil con base fuerte, sigue la misma lógica presentada en la tabla 17, para el cálculo de pH se debe considerar que él forma un par ácido- base, razón por la cual, en el cálculo se debe considerar el  $k_a$  del ácido para determinar la  $[H^+]$

En la curva de titulación de este tipo de valoraciones, se observara que el pH inicial es más alto que en las curvas de ácido y base fuerte.

Las principales aplicaciones de las titulaciones o valoraciones ácido – base, es en la determinación de ácidos, de hidróxidos, de nitrógenos en compuestos orgánicos, en la determinación de carbonatos y bicarbonatos.

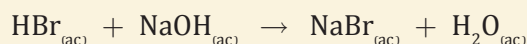
Para cada uno de los ejercicios planteados, desarrolla los cálculos pertinentes y elabora los gráficos de titulación respectivos, que explican los resultados obtenidos. En los gráficos, indica las zonas de cambio de color según el indicador empleado.

No olvides plantear las ecuaciones químicas que representan correctamente las reacciones químicas ocurridas.

**1** Indica cómo prepararías 500 mL de HCl 0,1 M a partir de HCl concentrado (18,0 M), si lo vas a utilizar para titular NaOH 0,1 M, usando fenolftaleína como indicador (neutralización completa).

**2** Se tituló una disolución de HF con KOH hasta neutralizar completamente el ácido. ¿Cuál es la molaridad del HF si a partir de la titulación se determinó que los 20 mL tienen una concentración 0,20 M para este ácido? Durante el procedimiento se empleó azul de bromofenol.

**3** Se estandarizó una disolución de NaOH con HBr según la reacción:



¿Cuál es la concentración de la disolución de NaOH si se gastaron 40,07 mL para neutralizar 25,0 mL del ácido 0,14 M? Se empleó anaranjado de metilo.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Calcular
- Identificar
- Predecir
- Formular hipótesis

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Resolver problemas
- Predecir
- Preparar disoluciones
- Formular hipótesis
- Interpretar
- Comunicar resultados

### Materiales

- Pipetas de 5 mL
- Varillas de vidrio
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Peachímetro o papel pH universal
- Vasos de precipitado de 250 mL

### Reactivos

- Café
- Bebida de fantasía
- Buffer ácido acético/acetato 0,5 M
- Ácido clorhídrico concentrado
- Hidróxido de sodio concentrado
- Agua destilada

## Disoluciones amortiguadoras

### Estudiaremos

Disoluciones amortiguadoras o buffer.

### Introducción

Las disoluciones buffer mantienen el pH original, aun cuando se adicione cantidades importantes de ácidos o bases. Esto químicamente es importante, pero resulta extraordinario cuando se observa en sistemas orgánicos como nuestro propio cuerpo.

En la siguiente experiencia, que realizarán en equipo de trabajo, manipularán una disolución neutra común y una disolución buffer. Ambas serán sometidas a la adición de sustancias ácidas y básicas para observar el comportamiento del pH.

### Paso 1: Exploración

Observen las sustancias con las que trabajarán y clasifíquenlas como ácidos o bases, según corresponda.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Lean atentamente el diseño experimental y formulen preguntas de investigación pertinentes.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Establezcan las hipótesis de investigación relativas al comportamiento que experimenta el buffer o amortiguador con las siguientes sustancias: café, bebida, ácido clorhídrico.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 En un vaso de precipitado, pongan 20 mL de disolución amortiguadora y registren el pH de la disolución.
- 2 Enumeren cuatro tubos de ensayo. A cada uno de ellos agreguen 5 mL de disolución amortiguadora.
- 3 A cada tubo agreguen, respectivamente, 1 mL de café, 1 mL de bebida, 1 mL de ácido clorhídrico y 1 mL de hidróxido de sodio.
- 4 Registren el pH de cada una de las mezclas.
- 5 Enumeren otros cuatro tubos de ensayo. Repitan los procedimientos 2, 3 y 4, reemplazando la disolución amortiguadora por agua destilada.

### Paso 5: Registro de observaciones

Registren las observaciones, especialmente las variaciones de pH.

### Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos

Recopilen y ordenen sus observaciones en la siguiente tabla.

	Disolución amortiguadora	Agua destilada
pH original		
pH con café		
pH con bebida		
pH con ácido clorhídrico		
pH con hidróxido de sodio		



**Paso 7: Análisis de datos**

- 1 ¿Qué pueden observar comparativamente respecto al pH de la disolución amortiguadora y del agua destilada?
- 2 Escriban las ecuaciones químicas que explican el comportamiento de la disolución amortiguadora con el ácido y con la base.
- 3 De acuerdo con la variación de pH de la disolución amortiguadora con café y con bebida, ¿estas especies reaccionaron con la sal o con el ácido como amortiguador? Justifiquen su respuesta.
- 4 Investiguen cómo funciona el buffer de la sangre y cuál es su importancia. Al respecto, concluyan qué sucedería si ese buffer fuera remplazado por agua destilada.
- 5 ¿Se comprueban las hipótesis formuladas?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Para concluir el trabajo, compartan con su grupo la siguiente pregunta: ¿qué pueden decir respecto de la importancia de los amortiguadores?

Posteriormente, elaboren un escrito que resuma coherentemente las ideas planteadas.

Una vez terminada la conclusión, escojan un medio para comunicar los resultados.

**Paso 9: Evaluación del trabajo**

Marca con una **X** la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Formulo hipótesis empleando creatividad y flexibilidad.			
Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos.			
La actividad planteada me permitió desarrollar habilidades de investigación.			
Reconozco los errores cometidos durante una actividad y trato de enmendarlos.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Me preocupó de respetar la vida y cuidado de mis compañeros y compañeras y el propio, tomando todas las precauciones necesarias durante el trabajo de laboratorio.			
Comprendo qué es una disolución amortiguadora.			
En los procedimientos experimentales realizados me he preocupado de trabajar rigurosamente, especialmente durante la observación y la medición.			
No manipulé ninguno de los resultados obtenidos y los di a conocer tal cual, tratando de comprenderlos.			



## 10. Amortiguadores

### SABÍAS QUE

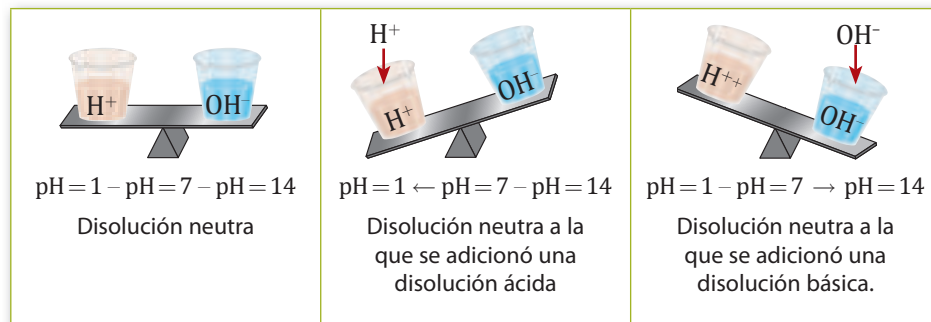
Los silicatos de sodio también conocidos como vidrios solubles, son sustancias inorgánicas compuestas principalmente por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ). Tienen diferentes usos en la industria, uno de ellos, es en la fabricación de jabones; y una de sus principales ventajas, es que actúa como un amortiguador de pH, para no dañar la piel al utilizar los jabones.



- ¿A qué asocias la palabra “amortiguador”?
- ¿Para qué se emplean los amortiguadores?
- ¿Cómo crees que se relaciona esta palabra (amortiguadores) con las disoluciones ácido – base?

Las disoluciones **amortiguadoras o buffer** son disoluciones que se preparan a partir de un ácido o base débil y su respectiva sal (HAc / MAC). Se caracterizan por poseer la capacidad de resistir cambios de pH cuando se agregan pequeñas cantidades de ácidos y bases.

En una disolución ácida, básica o neutra, se observa que al agregar una base o ácido, respectivamente, el pH sufre un violento cambio, lo que provoca el desequilibrio del sistema químico. Así, si se tiene una disolución neutra en la cual las concentraciones de  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}^+$  son idénticas, al agregar un ácido o una base el pH cambiará, tal como se representa en las siguientes figuras:



Representación de la adición de un ácido y una base en una disolución

El pH de una disolución amortiguadora se calcula aplicando la siguiente fórmula, conocida como **ecuación de Henderson-Hasselbach**:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{Sal}]}{[\text{Ácido}]}$$

Donde:

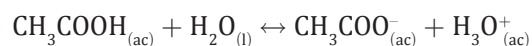
$\text{p}K_a$  : Corresponde al logaritmo negativo de la constante de acidez del ácido que forma el buffer.

[Sal] : Representa la concentración molar de la sal derivada del ácido.

[Ácido] : Corresponde a la concentración molar del ácido.

Las disoluciones amortiguadoras forman un ácido o una base débil y agua al reaccionar con el ácido o la base de acuerdo con el siguiente proceso:

1. El ácido (HAc) en disolución acuosa se disocia, y forma un anión ( $\text{Ac}^-$ ) y libera iones hidrógeno; por ejemplo:

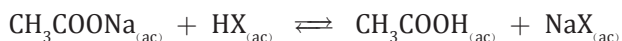




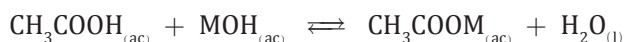
2. En disolución, la sal del ácido ( $\text{NaAc}^-$ ) se disocia, y libera el anión del ácido ( $\text{Ac}^-$ ) y el metal como catión ( $\text{Na}^+$ ); por ejemplo:



3. Si se adiciona un ácido fuerte al amortiguador, la sal del ácido ( $\text{NaAc}$ ) reacciona con el ácido ( $\text{HX}$ ), y da origen a un ácido débil ( $\text{HAc}$ ) y a una sal ( $\text{NaX}$ ); por ejemplo:



4. Al adicionar una base fuerte ( $\text{MOH}$ ), esta reacciona con el ácido ( $\text{HAc}$ ) para formar una sal ( $\text{MAC}$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); por ejemplo:



Esto permite que el pH se conserve en un rango similar al original de la disolución amortiguadora, lo que significa que el buffer cambia de pH, pero lo hace levemente. El cambio de pH experimentado por una disolución amortiguadora se calcula aplicando la ecuación de **Henderson-Hasselbach**, considerando la suma o resta de la concentración agregada según corresponda.

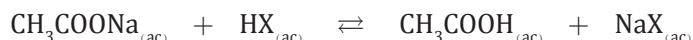
**Por ejemplo:** Un litro de disolución contiene ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )  $0,5 \text{ M}$  y acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )  $0,5 \text{ M}$ , y el  $K_a$  del ácido es  $1,8 \cdot 10^{-5}$ . ¿Cuál será su pH luego de agregar ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ )  $0,1 \text{ M}$ ?

1. Determinaremos el pH de la disolución amortiguadora, formada por el ácido acético y el acetato de sodio. Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log K_a + \log \frac{[\text{Sal}]}{[\text{ácido}]} \\ \text{pH} &= -\log 1,8 \cdot 10^{-5} + \log \frac{[0,5]}{[0,5]} \\ \text{pH} &= 4,75 \end{aligned}$$

2. Calculemos el pH del buffer al agregar  $\text{HCl}$   $0,1 \text{ M}$ .

- a. El ácido fuerte adicionado reaccionará con la sal del ácido, dando origen a un ácido débil y a una sal, tal como se muestra en la reacción química siguiente:



- b. Lo anterior indica que la concentración de ácido en el buffer se ve aumentada y la de la sal disminuida, es decir, la concentración del  $\text{HCl}$  se “suma” a la del ácido del buffer y produce una “resta” a la de la sal por reacción; luego:

	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$\text{H}^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
Inicial (mol)	0,5		0,1		0,5
Cambio (mol)	-0,1		-0,1		0,1
Final (mol)	0,4		0		0,6

### SABÍAS QUE

La sangre, de pH aproximado 7,8, presenta un buffer de ácido carbónico que le permite mantener el equilibrio de pH a pesar de las sustancias que le obligamos a transportar por nuestro organismo cuando bebemos líquidos y nos alimentamos. Dicho buffer es fundamental para la vida. De hecho, su descompensación por la acción de sustancias ácidas, denominada acidosis, o por sustancias básicas, llamada alcalosis, puede provocar la muerte. Uno de estos estados puede ser provocado por el consumo excesivo de alcohol, lo que genera un desequilibrio (intoxicación) que la sangre no es capaz de regular. Además, afecta a todo el organismo y origina una falla sistémica general.



c. El cálculo para el nuevo pH del buffer es:

$$\text{pH} = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} + \log (0,5 - 0,1)/(0,5 + 0,1)$$

$$\text{pH} = 4,66$$

Finalmente, es posible apreciar que el pH del buffer ha variado de 4,75 a 4,57 por la adición de un ácido fuerte de  $\text{pH} = 1$ .

Es importante estudiar los sistemas amortiguadores o buffer, sobre todo en relación a nuestro organismo. Casi todos los procesos biológicos son dependientes del pH, y si hay un cambio en este, también habrá un cambio en la velocidad de un proceso.

En nuestros cuerpos hay muchos fluidos que deben mantenerse dentro de unos límites muy estrechos de pH, y para que eso se cumpla, se crea un sistema amortiguador, que corresponde a una solución que puede absorber grandes cantidades de ácidos o bases, sin un cambio significativo en su pH.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Calcular
- Identificar
- Predecir
- Formular hipótesis

### I. Ejercicios

Desarrolla los siguientes ejercicios en tu cuaderno.

- 1** Calcula el pH de una disolución formada por 0,1 M de ácido acético y 0,5 de acetato de sodio.
- 2** Calcula el pH de una disolución de 0,5 M de ácido nitroso ( $K_a = 5 \cdot 10^{-4}$ ) y 0,3 M de nitrito de sodio.
- 3** Calcula el pH de una disolución de 0,03 M de ácido cítrico ( $K_a = 8,7 \cdot 10^{-4}$ ) y 0,03 M de citrato de sodio.
- 4** Calcula para cada uno de los problemas anteriores la variación de pH si a cada una de las soluciones se le agrega 0,5 mL de un ácido 0,0003 M.
- 5** Calcula para los problemas 1 y 2, la variación de pH si a cada una de las soluciones se le agrega 1 mL de un ácido 0,2 M



Hacer consciente tu proceso de aprendizaje te permitirá evaluar cuánto has avanzado desde el principio de la aventura de aprender hasta aquí.

¿Cómo aplicas tus conocimientos a la vida cotidiana?, ¿cuáles son las aplicaciones prácticas del aprendizaje que has adquirido?, ¿qué dificultades se te han presentado en tu proceso de aprendizaje?, ¿es la Química una herramienta valiosa para conocer y comprender el mundo que nos rodea?



## Sistemas amortiguadores de importancia vital

Los fluidos corporales están formados por agua y sustancias disueltas, las cuales son susceptibles a tener variaciones de pH dependiendo de los alimentos que se ingieran o de las reacciones normales del organismo. La composición química del plasma sanguíneo y del fluido intersticial (fluido entre las células de los tejidos), son similares entre sí, a diferencia del fluido intracelular. Los electrolitos del plasma sanguíneo y del fluido intersticial son los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  y para el fluido intracelular son los iones  $\text{K}^+$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Por lo tanto, las células deben tener sistemas específicos que le confieran la capacidad para transportar y regular las concentraciones de iones a las que se encuentran expuestas. Por ello, en el plasma sanguíneo, en los fluidos intersticiales y en las células se encuentran sustancias como el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) y los aniones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), fosfato mono y dibásico y algunas proteínas que participan en la regulación del pH, manteniendo entre 7,35 y 7,45.

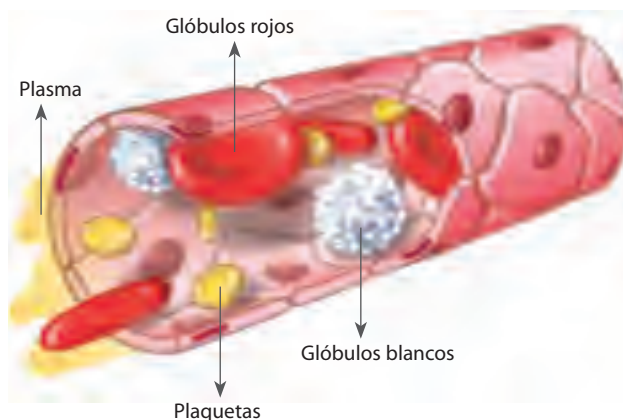
El control del pH en la sangre se realiza de manera conjunta por los sistemas respiratorio y urinario

Los sistemas amortiguadores más importantes en la sangre son las proteínas como la hemoglobina (HHb), la oxihemoglobina ( $\text{HHbO}_2$ ) y los sistemas de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$ ) y fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ ).

El hecho de que uno de los sistemas amortiguadores más importantes de la sangre, no se agote, se debe a la contribución amortiguadora del sistema renal.

El riñón es el principal órgano implicado en la regulación del equilibrio ácido-base por dos motivos fundamentales: es la principal vía de eliminación de la carga ácida y de los metabolitos ácidos patológicos y es el responsable de mantener constante la concentración plasmática de bicarbonato gracias a su capacidad para reabsorber y generar bicarbonato de modo variable en función del pH de las células tubulares renales.

### Constituyentes de la sangre



Fuente: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n42ne/sistam.pdf>

### Preguntas para la reflexión

- 1 ¿Cuáles son los buffers a los que el texto hace referencia?
- 2 El metabolismo celular, normalmente y de manera natural, genera una gran cantidad de protones. Investiga que ocurre si en el proceso no son eliminados los protones. ¿Qué sistema amortiguador interviene en el proceso?, ¿cuáles son las reacciones involucradas?
- 3 Investiga, ¿qué sucedería si alguna cantidad de protones pasa a formar parte de la orina, considerando que la orina es ácida?, ¿se necesitará de algún amortiguador?

### Habilidades que se desarrollarán:

- Comprender
- Relacionar
- Investigar

## Revisemos lo aprendido: Tema 1

En forma individual, desarrolla las siguientes actividades en tu cuaderno. Recuerda consultar tus dudas con tu profesor o profesora, y una vez terminada la actividad, compara tus resultados con los de tus compañeros y compañeras.

I. **Asociación.** Relaciona los conceptos numerados (1-8) con sus respectivas definiciones dispuestas en desorden, identificadas por letras (a-h).

- 1 Ácido según Arrhenius
- 2 Disolución amortiguadora
- 3 Base según Arrhenius
- 4 Disoluciones electrolíticas
- 5 Base de Brönsted
- 6 Disociación
- 7 Disoluciones no electrolíticas
- 8 Ácido de Brönsted

- a. Proceso mediante el cual los compuestos se separan en sus componentes, generalmente por acción del agua.
- b. Sustancia que en disolución captura iones de hidrógeno.
- c. Sustancia formada por un ácido o una base y su sal, que experimenta pequeños cambios de pH por adición de sustancias ácidas o básicas.
- d. Sustancia que en disolución acuosa libera iones de hidrógeno.
- e. Disoluciones que presentan compuestos apolares, dispersión y no conducen electricidad.
- f. Sustancia que en disolución acuosa se disocia, liberando iones hidroxilos.
- g. Sustancia que en disolución puede donar iones de hidrógeno.
- h. Disoluciones que contienen componentes polares o iónicos que son capaces de disociarse parcial o totalmente, conduciendo electricidad.

II. **Respuesta breve.** Responde las siguientes preguntas.

1 ¿Cuál es la importancia de los antiácidos?

---



---

2 El jabón es una sustancia básica. ¿Por qué retira la suciedad de nuestro cuerpo?

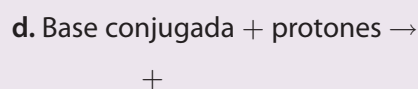
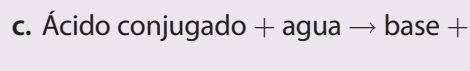
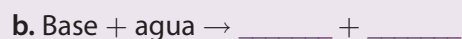
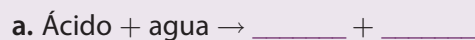
---



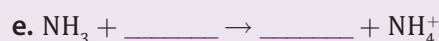
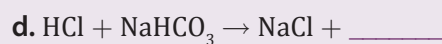
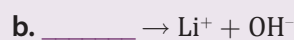
---

III. **Completación.** Anota en los espacios que corresponda según lo pedido.

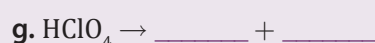
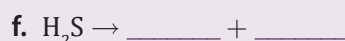
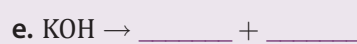
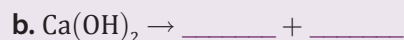
1 Representa mediante ecuaciones.



2 Completa las siguientes ecuaciones químicas y reconoce ácidos, bases y especies conjugadas según corresponda.



3 Disocia las siguientes especies en agua.



IV. **Ejercicios.** Desarrolla de forma completa cada uno.

1 Representa e interpreta, a través de un gráfico de solubilidad, el comportamiento de dos sustancias según los valores de la tabla.

Temperatura (°C)	Solubilidad, g/100 mL	
	Sustancia A	Sustancia B
20	15	10
30	17	20
40	19	35
50	20	40





- 2 ¿Cuál es el pH de un buffer preparado con un ácido (HA) de concentración 0,46 M de  $K_a = 1,5 \cdot 10^{-6}$  y su sal (MA) de concentración 0,87 M?
- ¿Cuál será el pH del buffer al agregar un ácido de concentración 0,15 M?
  - ¿Qué pH presentará al adicionar una base fuerte de pH 12?

- 3 Ordena ascendentemente las siguientes especies según su fuerza relativa, teniendo presentes los datos entregados a continuación.

Especie	$K_a$
A	$3,76 \cdot 10^{-18}$
B	$1,98 \cdot 10^{-21}$
C	$3,2 \cdot 10^{-2}$
D	$7,5 \cdot 10^{-5}$
E	$4,4 \cdot 10^{-4}$
F	$6,3 \cdot 10^{-1}$

- 4 Para cada una de las siguientes disoluciones, plantea la ecuación química que explica su comportamiento y calcula el pH.
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl) 0,04 M.
  - Disolución de hidróxido de potasio (KOH) 0,59 M.
  - Disolución de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 0,78 M de  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
  - Disolución de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) 0,25 % m/v.
  - Disolución de ácido fluorhídrico (HF) 0,06 % m/m. La densidad de la disolución es igual a 1,3 g/mL.
- 5 Se valoran 32 mL de disolución de sosa, gastándose en su neutralización 25 mL de ácido clorhídrico 4 M. Calcula la concentración de sosa.
- 6 Calcula la masa de HCl necesaria para neutralizar 150 cc de disolución 0,1 M de KOH.
- 7 ¿Cuántos g de KOH puro gastaremos en la neutralización de 15 g de HBr?

## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los aprendizajes esperados para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Identifico entre diversas sustancias aquellas que tienen un comportamiento ácido o básico.			
Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos, y me preocupo de respetar la vida y cuidado de mis compañeros y compañeras y la propia, tomando todas las precauciones necesarias durante el trabajo de laboratorio.			
Asocio el comportamiento ácido con la presencia de iones hidrógeno o la transferencia de protones, y el comportamiento básico, con la presencia de iones hidroxilos o la aceptación de protones.			
Sé que puedo determinar la concentración de una disolución por métodos cualitativos, como los indicadores líquidos o papel indicador, y obtener la concentración por métodos cuantitativos, como el peachímetro, o aplicando cálculos matemáticos basados en los logaritmos.			
Gracias a la ejecución de las actividades propuestas, puedo desarrollar las habilidades de investigación, he practicado la observación y formulo preguntas de investigación empleando la creatividad.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L** tras realizar una selección de aquella información más relevante y elaborar un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.





# TEMA 2

## Reacciones Redox y sus Aplicaciones

### En este tema estudiarás:

- Oxidación y reducción.
- Números de oxidación.
- Reconocimiento de ecuaciones Redox.
- Balance de ecuaciones Redox.
- Electroquímica
- Ecuación de Nernst
- Corrosión

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Reconocer carga de iones y elementos
- Balance de ecuaciones.

### Y para comenzar...

1. Contesta las siguientes preguntas :
  - a. ¿Qué es un ión?
  - b. ¿Porqué los átomos pierden o gana electrones?
  - c. ¿Qué son los electrones de valencia?
2. Clasifica las siguientes especies químicas como cationes o aniones, indica la carga que presentan y la cantidad de electrones ganados o perdidos:
  - a.  $\text{Na}^+$
  - b.  $\text{Cl}^-$
  - c.  $\text{Zn}^{2+}$
  - d.  $\text{Al}^{3+}$
3. En el caso del siguiente ión  $\text{HS}^-$  la carga ¿le pertenece algún elemento en particular, o no?
4. Si un ión experimenta en una misma reacción la siguiente variación  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ , ¿qué sucedió en su nube electrónica?
5. ¿Cuál es el principio que orienta el proceso de balance de ecuaciones químicas?
6. Balancea las siguientes ecuaciones químicas :
  - a.  $\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
  - b.  $\text{CH}_{4(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$
  - c.  $\text{Zn}_{(s)} + \text{HCl}_{(ac)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(ac)} + \text{H}_{2(g)}$

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Comprendo que los átomos pierden o gana electrones, transformándose en otra especie química?			
¿Tengo claro el concepto de catión y anión?			
¿Se balancear ecuaciones químicas, para cumplir con la "Ley de conservación de la masa"?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## Reacciones redox

### Estudiaremos

Procesos de oxidación y reducción.

### Introducción

Hablar de reacciones redox no te resultará extraño cuando logres superponer tus experiencias previas con los conceptos teóricos que son fundamento de las reacciones redox. Así queda demostrado, por ejemplo, que sin haber realizado este curso, puedes señalar que un metal está oxidado, al igual que cuando empleas alguna técnica casera para limpiar un metal y así darle nuevo brillo o, incluso, cuando puedes indicar que la manzana o la palta se han oxidado porque observas un cambio de color en su apariencia.

Lee atentamente las instrucciones de la siguiente actividad y comienza a descubrir los secretos de la electroquímica.

### Paso 1: Exploración

Nuestro país es considerado uno de los mayores productores de cobre a nivel mundial y uno de los procesos utilizados para su purificación es la electrorefinación. El cobre se encuentra en los yacimientos en forma de compuesto; por ejemplo, como Sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) y que a partir de él se obtiene el cobre puro (Cu). ¿Sabes cómo se logra? ¿Qué procesos químicos están involucrados? ¿Cómo se consigue que el  $\text{Cu}^{2+}$ , presente en el sulfato de cobre, llegue a ser Cu metálico de color rojo?

### Paso 2: Preguntas de exploración

Realiza la siguiente actividad en conjunto con un compañero o compañera.

Observen atentamente los reactivos que utilizarán y formulen las preguntas de exploración.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Recuerden que se encuentran realizando una actividad, cuya finalidad es la observación y el análisis de reacciones redox. Fíjense en las características físicas del reactivo y los materiales empleados. ¿Qué cambios observables se pueden esperar que ocurran? Formulen las hipótesis de trabajo.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 En un tubo de ensayo limpio depositen 5 mL de disolución de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) y sobre él agreguen un clavo (no galvanizado). Permitan un tiempo de reposo y observen con atención.
- 2 Al otro tubo de ensayo, también agreguen 5 mL disolución de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) y sobre él agreguen una lámina de cinc.
- 3 En cada caso retiren, después de algunos minutos, los metales de la disolución con la ayuda de una pinza y deposítenlos sobre un papel blanco para su observación.

### Paso 5: Registro de observaciones

Registren los cambios que ocurren en cada reacción y el comportamiento que observen.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Formular hipótesis
- Registrar, analizar e interpretar resultados
- Plantear inferencias y conclusiones
- Sistematizar y comunicar resultados

### Materiales

- Dos tubos de ensayo
- Pinzas
- Pipeta
- Clavo (no galvanizado)
- Lámina de cinc (Zn)

### Reactivos

- Disolución de sulfato de cobre (II)



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Procede cuidadosamente con las disoluciones, no las toques y/o olfatees. Sigue atentamente las instrucciones para su manipulación.

Limpien y ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Recuerden entregar las disoluciones trabajadas al docente a cargo para su posterior eliminación.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Según las observaciones registradas, procedan a diseñar un sistema ordenado de registro. Pueden optar por tablas, bitácoras u otras que consideren pertinentes.

**Paso 7: Análisis de datos**

Respondan las preguntas de investigación formuladas por ustedes y establezcan la contrastación de las hipótesis, es decir, ¿consideran que la hipótesis formulada es válida o no? Justifiquen su opción.

Posteriormente, respondan las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cuáles son las ecuaciones químicas que explican las reacciones químicas?
- 2 ¿Qué cambios experimentan los elementos que participan en cada reacción?
- 3 ¿Se comprueban las hipótesis formuladas?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Considerando la experiencia realizada y los resultados observados, concluyan qué es una reacción redox.

Comuniquen sus resultados. Para ello elaboren un panel informativo. En el que deben visualizar claramente los cambios de los reactivos y su relación correspondiente con la ecuación química. Pueden emplear dibujos o fotografías.

**Paso 9: Evaluación del trabajo**

Copia la siguiente tabla en tu cuaderno y marca la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo realizado.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Actué coordinadamente con mi equipo.			
Demuestro respeto por mis compañeros y compañeras a través de mis acciones, vocabulario y gestos.			
Formulo preguntas de investigación empleando la creatividad.			
Formulo hipótesis utilizando la creatividad y flexibilidad.			



Reflexiona respecto a las opciones que has marcado. ¿Qué has aprendido de la actividad desarrollada?, ¿qué debes mejorar del trabajo en equipo?, ¿cuáles son los desafíos que les plantea la autoevaluación para la próxima actividad a nivel individual y grupal?, ¿qué aspectos del trabajo científico debes mejorar?



# 1. Oxidación y reducción

Observa las siguientes imágenes:



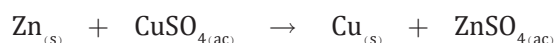
- ¿A qué asocias las palabras “oxidación” y “reducción”?
- Aplicas algunos de estos conceptos para referirte a situaciones como las que muestran las imágenes anteriores, ¿cuál utilizas, la oxidación o la reducción? ¿por qué?

La **oxidación** se refiere a la pérdida de electrones y la **reducción** a la ganancia de electrones, por lo tanto, las reacciones **Redox** involucran ambos procesos.

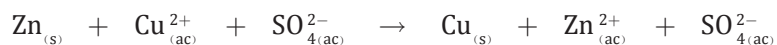
Para comprender el significado de estos conceptos, analicemos el comportamiento de la reacción entre el sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) y el cinc metálico (Zn) que observaste en la actividad de Ciencia en Acción, “Reacciones Redox”.

Al introducir la lámina de cinc (Zn) en la disolución concentrada de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ), pasados unos segundos se observó que esta se recubría de una capa de color rojizo.

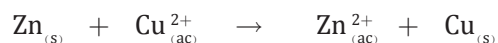
La ecuación química que representa el proceso es:



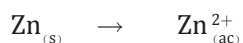
Sin embargo, tanto el sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) como el sulfato de cinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) son compuestos que, fundidos o disueltos en agua, se disocian en iones. Por lo tanto, la ecuación química se puede representar según la siguiente ecuación iónica:



Como el ión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) aparece en ambos lados de la ecuación molecular y el grupo es idéntico en ambos lados, se puede escribir la ecuación iónica de la siguiente manera:



Esta ecuación iónica nos indica que, durante el proceso, el átomo de cinc eléctricamente neutro (Zn) se ha transformado en el ión  $\text{Zn}^{2+}$ , para lo cual ha tenido que ceder dos electrones:



## RECUERDA QUE

Un átomo neutro es el elemento que posee la misma cantidad de carga positiva (protones) en su núcleo, como las cargas negativas en sus orbitas (electrones).

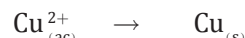


## SABÍAS QUE

Desde que empezamos el día consumimos y hacemos uso de elementos que contienen cinc; durante el desayuno encontramos cinc en diversos alimentos, tales como pan, cereales, leche, huevos, etc., que nos ayudan a empezar el día con energía. El aporte del cinc es esencial para la síntesis de las proteínas; colabora en el desarrollo del esqueleto, en el sistema nervioso, en la fase de crecimiento de los niños, y mejora nuestra capacidad de razonamiento y nuestra memoria al interactuar con otros elementos químicos para enviar mensajes al centro sensitivo del cerebro.

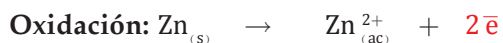


En cambio, el ión  $\text{Cu}^{2+}$  se ha convertido en un átomo de cobre metálico (Cu), para lo cual ha debido aceptar dos electrones:



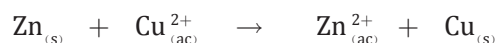
Sobre la base de esta información, podemos deducir que la ecuación iónica anterior involucra dos procesos: uno en el que se pierden electrones y otro en el que se ganan. Así, llamaremos al primer proceso **oxidación** y al segundo, **reducción**.

Las medias ecuaciones o semirreacciones que describen estos procesos son:



Han ocurrido reacciones de oxido – reducción (Redox) por la transferencias de electrones del que se oxida al que se reduce, transferencia que produce energía en forma de electricidad.

Para identificar estas sustancias, analicemos nuevamente la ecuación iónica que representa a la citada reacción entre el cinc y el sulfato de cobre (II):



**Agente reductor:** De acuerdo con la ecuación, el cinc (Zn) se oxida porque cede dos electrones al ión  $\text{Cu}^{2+}$ , transformándose en  $\text{Zn}^{2+}$ . En consecuencia, el cinc es el agente reductor en esta reacción.

En toda reacción redox, el agente reductor será aquel que cede electrones o se oxida, provocando una reducción de la otra especie.

**Agente oxidante:** En la ecuación observamos también que el ión  $\text{Cu}^{2+}$  se reduce con los electrones que provienen del cinc, y se convierte en cobre eléctricamente neutro (Cu). En consecuencia, el agente oxidante en esta reacción es el ión  $\text{Cu}^{2+}$ .

En toda reacción redox llamaremos agente oxidante a aquel que se reduce o es capaz de captar electrones, lo que provoca una oxidación de la otra especie.

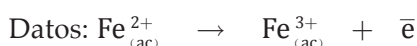
En los procesos de oxidación-reducción, la transferencia de electrones ocurre siempre desde un agente reductor a un agente oxidante.

## EJERCICIO RESUELTO

Observa atentamente el siguiente ejemplo:

El hierro (II) ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se convierte en hierro (III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ) por acción de un proceso redox, según la ecuación:  $\text{Fe}_{(\text{ac})}^{2+} \rightarrow \text{Fe}_{(\text{ac})}^{3+} + \bar{e}$ . ¿Es un proceso de oxidación o de reducción?, ¿qué tipo de agente es el  $\text{Fe}^{2+}$ ?

**Paso 1.** Reconocer datos e incógnitas.



Incógnitas: ¿Es este un proceso de reducción u oxidación? ¿Qué tipo de agente se identifica en la reacción?

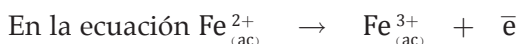




**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas.

En este caso no hay fórmulas matemáticas, pero sí definiciones que aplicar, tales como semirreacción de oxidación, semirreacción de reducción, agente reductor y agente oxidante.

**Pasos 3 y 4.** Asociar datos específicos con los conceptos clave y buscar respuesta a las incógnitas planteadas.



observamos que se pierden o ceden electrones (aparecen en los productos), lo que se asocia correctamente a la definición de semirreacción de oxidación con agente reductor; por ende:

**Paso 5.** Interpretar.

Observa atentamente la ecuación que describe el comportamiento del ión  $\text{Fe}^{2+}$ . ¿Qué observas? ¿Dónde se ubican los electrones en esa ecuación, en los productos o en los reactivos? ¿Qué significado tiene la ubicación de los electrones?

Fíjate además en el número de oxidación de los iones de hierro (Fe) presentes en los productos y en los reactivos. ¿Qué puedes interpretar de ellos?

Comenta con otro estudiante tus conclusiones respecto a los siguientes cuestionamientos en relación al ión  $\text{Fe}^{2+}$ : ¿se oxida o se reduce?, para ello ¿libera o capta electrones?, ¿qué tipo de agente es?



En el sitio <http://www.educa.madrid.org/web/ies.isidradeguzman.alcala/departamentos/fisica/temas/redox/introduccion.html#> podrás encontrar información sobre los conceptos de oxidación y reducción y un video explicativo de procesos redox en diferentes metales.

- 1** Observa las siguientes ecuaciones, considerando las definiciones y conceptos clave analizados hasta aquí. Predice si corresponden a semirreacciones de oxidación o reducción, y clasifica la especie que corresponda como agente oxidante o reductor.

Ecuación	Semirreacción de oxidación o reducción	Especie	Agente oxidante o reductor
$\text{Al}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Al}_{(\text{ac})}^{3+} + 3\bar{e}$		$\text{Al}_{(\text{s})}$	
$\text{Br}_{2(\text{g})} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Br}_{(\text{ac})}^{-}$		$\text{Br}_{2(\text{g})}$	
$\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_{(\text{ac})}^{+} + 2\bar{e}$		$\text{H}_{2(\text{g})}$	
$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}_{(\text{ac})}^{+} + 4\bar{e}$		$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	

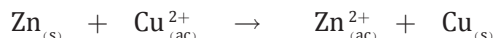
**DESAFÍO****Habilidades a desarrollar:**

- Observar
- Aplicar
- Clasificar



## 2. Números o estados de oxidación

Observa nuevamente la reacción iónica entre el cinc y el sulfato de cobre (II):



- ¿Cuál es la diferencia entre el Zn y el  $\text{Zn}^{2+}$  (presente en el  $\text{ZnCl}_2$ ) obtenido como producto? ¿qué señala esa diferencia?
- ¿Cómo se asocia la diferencia observada con los procesos de reducción?

Si observas por separado el comportamiento de cada especie participante, notarás que el cinc sólido (Zn) no tiene cargas, mientras que en los productos el  $\text{Zn}^{2+}$  presenta dos cargas positivas, que indican que durante el cambio se han perdido dos electrones.

El  $\text{Cu}^{2+}$  de los reactivos, con dos cargas positivas, aparece en los productos como cobre sólido (Cu), no tiene carga, porque recibió dos electrones. Este cambio es una de las bases fundamentales de las reacciones redox.

Para regular esta diferencia se establecen los **números o estados de oxidación**, que se define como, *el número de cargas que tendría un átomo en un elemento, molécula o compuesto iónico si los electrones fueran transferidos totalmente.*

En forma alternativa, se le puede definir también como la carga que tendría un átomo, si los electrones en cada enlace fueran asignados al elemento más electronegativo.

### RECUERDA QUE

La electronegatividad es la capacidad que tiene un átomo para atraer electrones hacia sí mismo, cuando se forma un enlace químico. Si mayor es la electronegatividad, mayor es la capacidad de atraer los electrones.

Así, una manera de predecir qué estaría ocurriendo con los electrones en las reacciones redox, es calculando el estado o número de oxidación (que esquemáticamente denominaremos N.O.), el que es asignado arbitrariamente a cada elemento sobre la base de un conjunto de reglas, y nos permite indicar la cantidad de electrones que podría ganar o perder un elemento. Cabe destacar que la asignación del N.O. a cada elemento, se hace bajo el supuesto de que los enlaces del compuesto del cual forma parte, son 100 % iónicos, es decir, que los electrones se transfieren completamente de una especie a otra.

### a. Reglas básicas para determinar el número de oxidación

**Regla N° 1.** A cualquier elemento en estado libre o átomo en una molécula homonuclear se le asigna un número de oxidación igual a cero. Ejemplo: Na, Cu, S,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{P}_4$ .

**Regla N° 2.** El número de oxidación del átomo de hidrógeno es +1 en casi todos sus compuestos. Por ejemplo: HCl,  $\text{H}_2\text{O}$ , NaOH,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Exceptuando los hidruros (compuestos binarios formados por hidrógeno y una especie metálica, como el NaH,  $\text{CaH}_2$ , LiH), en que su número de oxidación es -1.

**Regla N° 3.** En la mayoría de los compuestos que contienen oxígeno, el número de oxidación de este es -2. Por ejemplo:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , NaOH.



Sin embargo, existen algunas excepciones, como los peróxidos y el ion superóxido.

- En los peróxidos, cada átomo de oxígeno tiene un N.O. igual a  $-1$ . Los dos átomos de oxígeno del ión  $O_2^{2-}$  son equivalentes, y a cada uno se le asigna un N.O. de  $-1$ , de tal forma que la suma sea igual a la carga del ion.  $-1 + -1 = \text{Carga del ión} = -2$
- En el ión superóxido  $O_2^-$ , cada átomo de oxígeno tiene un N.O. igual a  $-1/2$ , de tal forma que:  $-1/2 + -1/2 = -1$ .
- En el  $OF_2$ , el átomo de oxígeno tiene un N.O. igual a  $+2$ ; dado que el átomo de flúor es el elemento más electronegativo y la molécula eléctricamente neutra, a cada átomo de flúor se le asigna un N.O. igual a  $-1$ .

**Regla N° 4.** El número de oxidación de un ión monoatómico es igual a la carga del ion. Por lo tanto, el N.O. es su propia carga.

Algunos ejemplos de iones monoatómicos son:  $Na^+$  (N.O. =  $+1$ ),  $Cl^-$  (N.O. =  $-1$ ),  $Ca^{2+}$  (N.O. =  $+2$ ),  $Al^{3+}$  (N.O. =  $+3$ ),  $Zn^{2+}$  (N.O. =  $+2$ ) y  $Br^-$  (N.O. =  $-1$ )

**Regla N° 5.** La suma algebraica de los N.O. de los átomos que componen una molécula o compuesto es cero, ya que tanto las moléculas como los compuestos son eléctricamente neutros.

**Regla N° 6.** La suma algebraica de los números de oxidación de los átomos que componen un ión es igual a la carga del ion.

Aplicando esta regla, calculemos el N.O. del azufre (S) en el ión sulfito ( $SO_3^{2-}$ ).

Recordemos que N.O. de  $O = -2$

Carga del  $SO_3^{2-} = -2$

$$\begin{array}{rclcl} \text{Luego: } (1 \cdot x) & + & (3 \cdot -2) & = & -2 \\ (1 \cdot x) & + & -6 & = & -2 \\ & & x & = & +4 \end{array}$$

Por lo tanto, el N.O. del S en el  $SO_3^{2-}$  es  $+4$ .

**Regla N° 7.** Si en la fórmula del compuesto no hay hidrógeno ni oxígeno, se asigna el número de oxidación negativo al elemento más electronegativo (EN) que el carbono (C).

Por lo tanto: El N.O. del carbono es  $+4$  y para el flúor es  $-1$ .

## EJERCICIO RESUELTO

### Ejercicio 1

En el compuesto cloruro de hidrógeno (HCl) se observa que:

- H tiene N.O.  $+1$ , según la regla N° 2.
- El ión cloruro tiene un N.O. desconocido.
- La molécula HCl es eléctricamente neutra (no presenta cargas). Por lo tanto, la suma algebraica será:

$$\begin{array}{rclcl} (\text{N.O. del hidrógeno}) & + & (\text{N.O. del cloro}) & = & 0 \\ +1 & + & x & = & 0 \end{array}$$

- Por ende, el valor del N.O. del ión cloruro es  $-1$  para que se cumpla la igualdad.

## MÁS QUE QUÍMICA

El estado de oxidación es la cantidad de electrones que tiende a ceder o captar un átomo, en una reacción química con otros átomos, para adquirir cierta estabilidad química. El átomo tiende a obedecer la regla del octeto (o dueto), logrando así tener una configuración electrónica similar a la de los gases nobles, los cuales son muy estables. Cuando un átomo  $Y$  necesita, por ejemplo, tres electrones para obedecer la regla del octeto, entonces dicho átomo tiene un número de oxidación de  $-3$ . Por otro lado, cuando el átomo  $X$  tiene tres electrones que necesitan ser cedidos para que cumpla la ley del octeto, entonces este átomo tiene un número de oxidación de  $+3$ . En este ejemplo, podemos deducir que los átomos  $Y$  y  $X$  pueden unirse para formar un compuesto, y así ser estables.



### Ejercicio 2

Calculemos el N.O. del S en el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Recordemos que:

- N.O. de H = +1
- N.O. de O = -2
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  es una molécula neutra, o sea, su carga es 0.

Entonces:

$$\begin{array}{rccccccccc}
 \mathbf{H}_2 & & & \mathbf{S} & & & \mathbf{O}_4 & & & & \\
 (2 \cdot +1) & + & & (1 \cdot x) & + & & (4 \cdot -2) & = & & & 0 \\
 +2 & + & & x & + & & -8 & = & & & 0 \\
 & & & & & & x & = & & & +6
 \end{array}$$

Por lo tanto, el N.O. del S en el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es +6.

### Ejercicio 3

Calculemos los N.O. en la molécula  $\text{CF}_4$

El flúor (F) es más EN que el carbono (C), por lo cual se le asigna N.O. igual a -1, y como la molécula es neutra, entonces:

$$\begin{array}{l}
 \text{C F}_4 \\
 x + 4 \cdot (-1) = 0 \\
 x = +4
 \end{array}$$

Por lo tanto: N.O.(C) = +4 y N.O. del (F) = -1

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Leer comprensivamente
- Identificar
- Aplicar
- Calcular
- Analizar

1 Calcula el número de oxidación de cada una de las especies subrayadas, presentes en los siguientes elementos, iones y compuestos:

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| a. <u>B</u> F <sub>4</sub> <sup>-</sup> | d. <u>P</u> O <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | g. <u>F</u> e <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | j. <u>C</u> r <sup>6+</sup>                  |
| b. <u>O</u> <sub>2</sub>                | e. <u>C</u> F <sub>2</sub>               | h. <u>K</u> <u>M</u> <u>n</u> O <sub>4</sub> | k. <u>H</u> <u>C</u> <u>l</u> O <sub>4</sub> |
| c. <u>C</u> a <sup>2+</sup>             | f. <u>C</u> <u>l</u> <sub>2</sub>        | i. <u>N</u> a                                |  |

2 Lee atentamente el siguiente texto y responde las preguntas.

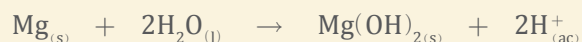
El transbordador espacial Challenger fue el segundo orbiter (transbordador operacional en el Centro Espacial Kennedy) del programa del "transbordador espacial" en entrar en servicio. Su primer vuelo se realizó el 4 de abril de 1983, y completó nueve misiones antes de desintegrarse a los 73 segundos de su lanzamiento en su décima misión, el 28 de enero de 1986, causando la muerte a sus siete tripulantes. Luego de su fatídico accidente, fue reemplazado por el transbordador espacial Endeavour que voló por primera vez en 1992, seis años después del accidente.

Cuando el transbordador Challenger explotó en 1986, lo cual pudo ser visto en los noticieros de la época, la cabina de la tripulación se destruyó completamente. La nave no tenía la clásica "caja negra" para proteger las grabaciones como se hace en los aviones modernos. Así, cuando las cintas con las conversaciones de la tripulación se encontraron seis semanas



después a 30 metros bajo el agua, estaban considerablemente dañadas por la exposición al agua del mar y las reacciones químicas que ocurrieron. Las cintas que rescataron fueron descritas por los expertos como "una masa espumosa parecida al concreto, toda pegada".

Para rescatar la importante evidencia que se encontraba en ellas, el problema principal fue la formación del hidróxido de magnesio  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$  por la reacción del agua de mar con el magnesio usado en el riel de la cinta:



Un grupo de científicos rescataron la cinta central, después de un proceso lento y agotador, para lo cual neutralizaron cuidadosamente el hidróxido de magnesio (base) removiéndolo de la cinta aún enrollada, y estabilizaron la capa de óxido de hierro (FeO). La cinta se trató en forma alternada con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y agua destilada. Posteriormente se enjuagó con metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) para remover el agua y después fue tratada con un lubricante para proteger las capas de la cinta, revirtiendo el proceso causado sobre la cinta por el agua de mar. Por último, se desenredaron 130 metros de cinta, se transfirieron a un nuevo riel y se grabaron en una cinta virgen. La grabación demostró que a lo menos unos segundos antes del final algunos miembros de la tripulación se percataron de que había problemas.

El hecho impresionante de este proyecto es que, los principios involucrados, no son más complejos que los que se podría encontrar en un experimento introductorio de electroquímica.

*Extracto: Chang, R. (2002). Química. México: McGraw-Hill.*

- En la reacción química que representa el proceso sufrido por la cinta de grabación, ¿cuál es el estado de oxidación del riel de la cinta de grabación?
- En la reacción química, según los N.O. ¿cuáles son las especies que no cambian su N.O. (espectadoras)?
- ¿Cuál es la especie que se oxida en la reacción?
- ¿Cuál es el N.O. del nitrógeno, en el ácido empleado para tratar la cinta de grabación?
- En la reacción expuesta respecto al efecto del agua de mar sobre la cinta de magnesio, ¿cuál es la especie que actúa como el agente reductor?



El alumno estratégico se conoce a sí mismo como aprendiz: planifica, regula y evalúa su proceso de aprendizaje, lo que lo lleva tanto a aprender significativamente el contenido que estudia como a aprender a aprender. Reflexiona y responde: ¿Tengo clara mi situación de aprendizaje?, ¿sé cuánto y qué he aprendido hasta aquí?, ¿reconozco los errores y aciertos de mi proceso de aprendizaje?, ¿relaciono la nueva información con la que ya sé?, ¿asocio los conceptos y su aplicación con los fenómenos que observo alrededor?





### 3. Reconocimiento de ecuaciones Redox

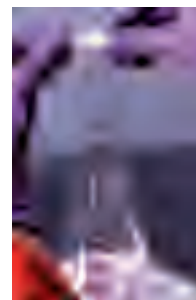
Observa las siguientes imágenes:

Situación A



Lámina de cinc, en disolución de sulfato de cobre (II)

Situación B



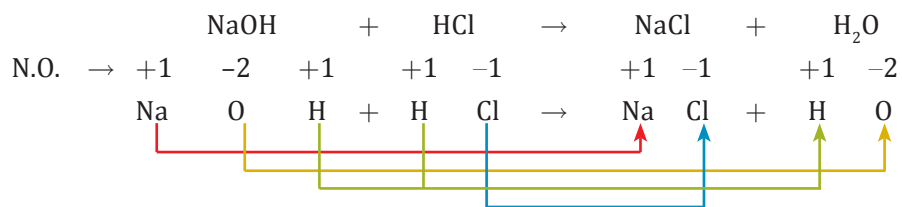
Neutralización de un ácido con una base

- Considerando lo hasta aquí estudiado, ¿podrías reconocer en cuál de las dos situaciones ocurre una reacción redox? ¿Cómo podrías explicar?
- ¿Qué reacciones químicas representan cada unas de las situaciones?

Como hemos analizado recientemente, las reacciones químicas en las que hay transferencia de electrones son Redox, y la variación de los números de oxidación es una forma de monitorear el sistema y verificar si existe o no dicha transferencia electrónica. Para eso, verifiquemos si las siguientes ecuaciones químicas son de oxidación-reducción, analizando el N.O. de cada átomo participante:

#### Ejemplo 1

Reacción del hidróxido de sodio (NaOH) (base), con ácido clorhídrico (HCl), que, como estudiamos en el tema anterior, producen una reacción de neutralización en la que se forma una sal y agua.



Si sigues las líneas de colores, podrás observar que no hay cambios en los N.O. desde los reactantes a los productos de ninguna de las especies; por lo tanto, no es una ecuación redox.

#### Ejemplo 2



Se observa que el Zn metálico se oxida a ión  $\text{Zn}^{2+}$ , a la vez que el ión  $\text{Cu}^{2+}$  se reduce a Cu metálico. Analizándolo en semirreacciones:

- El Zn aumenta su N.O. de 0 a +2 y libera o cede electrones.
- El  $\text{Cu}^{2+}$  disminuye su N.O. de +2 a 0 y capta o gana electrones.



Se tiene entonces:



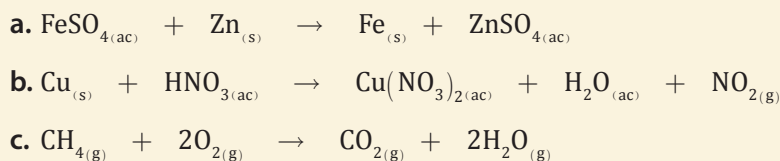
Finalmente, se puede concluir que hay una variación en los N.O. de ambas especies y, por lo tanto, es una **ecuación redox**. Ahora, aplicando el concepto de agente reductor y oxidante, se tiene:

- El Zn es el agente reductor que experimenta una oxidación aumentando su N.O. de cero a +2.
- El  $\text{Cu}^{2+}$  es el agente oxidante, que experimenta una reducción disminuyendo su N.O. de +2 a cero.



En el sitio <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=181944> podrás encontrar algunos ejercicios sobre N.O. propuestos por el profesor Gabriel Quijada, integrante de la RMM y profesor del Liceo "Rodolfo Amando Philippi" C 13, de Paillaco.

**1** Considerando el comportamiento de los N.O. determina si las siguientes ecuaciones química representan o no reacciones Redox.



**2** Para cada una de las reacciones que has reconocido como "REDOX" (en el punto anterior), establece:

- Las semirreacciones de oxidación y reducción.
- ¿Cuál es el agente reductor y cuál el agente oxidante?

**3** Lee atentamente y luego responde las aseveraciones, anteponiendo una V si consideras que la información es verdadera y una F si la consideras falsa. Justifica las respuestas falsas.

#### Situación 1:

El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) es un gas que deambula en los cielos de las ciudades contaminadas en calidad de latencia, es decir, se encuentra en concentraciones elevadas, pero que aún no sobrepasan la norma permitida, aunque su presencia gatilla la aparición de contaminantes secundarios considerados muy peligrosos para la vida del hombre, animales y plantas.

La mayoría de los óxidos de nitrógeno generados por el hombre se producen por la oxidación de nitrógeno atmosférico presente en los procesos de combustión a altas temperaturas. El contaminante generado en forma primaria es el óxido de nitrógeno (NO), parte del cual rápidamente se cambia a  $\text{NO}_2$ . Ambos óxidos, liberados a la atmósfera,

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Identificar
- Aplicar
- Calcular
- Justificar



participan activamente en un conjunto de reacciones fotoquímicas que, en presencia de hidrocarburos reactivos, generan ozono ( $O_3$ ).

**Situación 2:**

El peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) (conocido también como agua oxigenada) es un líquido incoloro a temperatura ambiente. Pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso se producen naturalmente en el aire. El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor.

Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica.

- a. \_\_\_\_\_ El N.O. del nitrógeno en el NO es  $-2$
- b. \_\_\_\_\_ El N.O. del nitrógeno en el  $NO_2$  es  $+4$
- c. \_\_\_\_\_ Según la información proporcionada en el texto, la transformación NO a  $NO_2$  corresponde a un proceso de oxidación.
- d. \_\_\_\_\_ En la transformación NO a  $NO_2$ , el NO actúa como agente reductor.
- e. \_\_\_\_\_ En el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) el N.O. del oxígeno es  $-2$
- f. \_\_\_\_\_ La descomposición del  $H_2O_2$  en  $H_2$  y  $O_2$ , no es un proceso redox.
- g. \_\_\_\_\_ La oxidación en la descomposición del peróxido de hidrógeno corresponde al proceso que experimenta el hidrógeno.
- h. \_\_\_\_\_ El agente oxidante en la descomposición del peróxido de hidrógeno, es el oxígeno.

Evalúa el trabajo realizado, marcando con una X la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

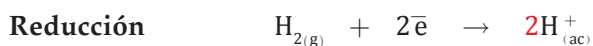
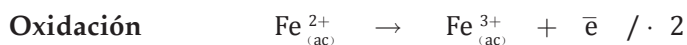
Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Comprendo porque se produce transferencia de electrones entre las sustancias que participan en una reacción química.?			
¿Aplico las reglas para determinar los números de oxidación y puedo identificar si disminuyen o aumentan.?			
¿Puedo conocer los estados de oxidación de diferentes elementos, aplicando las reglas para su cálculo.?			
¿Identifico en los estados de oxidación de cada elemento, con signo que indica la ganancia o pérdida de electrones.?			
¿Reconozco una reacción redox como aquella en la que se produce un aumento en el N.O. de una especie (oxidación) y la disminución del N.O. en otra (reducción).?			



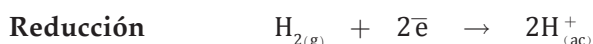
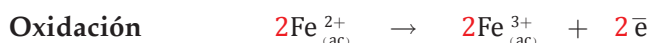
## 4. Balance de ecuaciones Redox

Observa atentamente el siguiente balance de ecuaciones Redox:

**Primera parte:**



**Segunda parte:**



- ¿Qué observas?
- ¿Por qué crees que es necesario multiplicar la semirreacción de oxidación por 2?
- ¿Por qué crees que es necesario anteponer un 2 al ión de hidrógeno en la semirreacción de reducción?

Todo balance de una ecuación química, debe obedecer la Ley de Conservación de la Masa, es decir, que la cantidad de cada elemento debe ser la misma en ambos lados de la ecuación (reactantes y productos) y en las reacciones de oxidación – reducción se debe balancear, además, la ganancia y pérdida de electrones. Ambos aspectos se observan en el ejemplo anterior, en la que se observa claramente que mientras una especie cede electrones la otra debe recibir exactamente la misma cantidad de electrones.

Existen numerosas reacciones de oxidación – reducción en las que el balance de electrones se produce automáticamente, como por ejemplo la reacción de cobre y cinc que hemos analizado con anterioridad, en la que una especie libera 2 electrones y otra capta la misma cantidad.

No obstante lo anterior, existen reacciones redox, en la que el balance de electrones debe producirse matemáticamente.

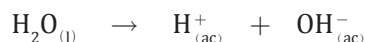
En las ecuaciones iónicas, como las que hemos desarrollado en extenso hasta ahora, se consideran solo las especies en las que se produce un cambio en el número de oxidación de las especies participantes; no obstante, sabemos que las otras especies que no sufren cambios, a las que normalmente se denomina **espectadores**, influyen en el equilibrio y balance de la reacción redox.



### a. Método ión electrón

El método ión electrón es el sistema de balance de reacciones de oxidación – reducción, que permite atender todas las necesidades y especies que presenta la ecuación, caracterizándose porque los reactivos representan la forma como se encuentran en agua, por lo que en el caso de los electrólitos, estos se representan según los iones que forman en disolución acuosa. Los compuestos insolubles se escriben de manera que representan su insolubilidad en agua.

Para llevar a cabo el proceso se reconocen; el medio o ambiente en el que se produce la reacción (sea ácido o básico) y se separan las medias reacciones para facilitar el proceso de equilibrio o balance considerando las siguientes reglas, basadas en la ionización del agua:



En general, se consideran reglas fundamentales para balancear a través del método ión – electrón, las cuales son:

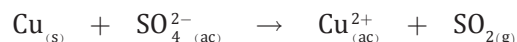
1. Se divide la ecuación en dos semirreacciones (incompletas) una de oxidación y la otra de reducción.
2. Se balancea cada semirreacción:
  - a. Primero, se balancea los elementos distintos de hidrógeno (H) y oxígeno (O).
  - b. Cuando el medio es ácido, se balancea los átomos de oxígeno añadiendo moléculas de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en la misma cantidad que faltan oxígenos. El agua se agrega al lado (reactantes o productos) que faltan oxígenos. En el medio básico, es al revés.
  - c. Si el medio es ácido, se balancean los átomos de hidrógeno añadiendo iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y si el medio es básico, se añaden iones hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ).
  - d. Finalmente se balancea la carga de la ecuación, agregando electrones ( $\bar{e}$ ) donde exista más carga positiva global.
3. Si existe diferencia entre el número de electrones que se ceden y se captan (o ganan) entre las semirreacciones, se multiplica cada una por números enteros, de modo que el número de electrones que se pierden en una media reacción sea igual al número de los que se ganan en la otra.
4. Finalmente se suma las dos semirreacciones y se simplifica todo aquello que sea posible, cancelando las especies que aparecen en ambos lados de la ecuación, para obtener la reacción global.



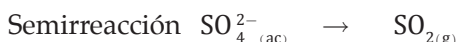
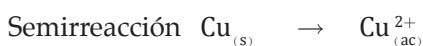


## EJERCICIO RESUELTO

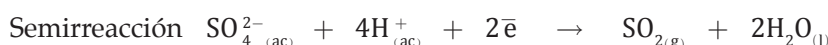
Estableceremos el equilibrio por método ión – electrón de la siguiente ecuación química, en **medio ácido**:



**Paso 1.** Se escriben la semirreacciones (incompletas) de oxidación y reducción.



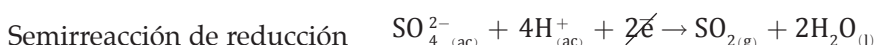
**Paso 2.** Se balancean las semirreacciones



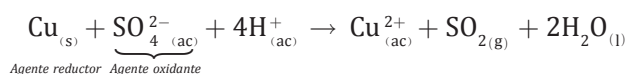
**Paso 3.** Ambas semirreacciones tienen 2 electrones, la primera los cede, por lo tanto corresponde a la oxidación y la segunda los gana, por lo tanto es la de reducción.

Por lo anterior, no es necesario multiplicar ninguna de las dos medias reacciones.

**Paso 4.** Se suma algebraicamente ambas semirreacciones, para obtener la reacción final.



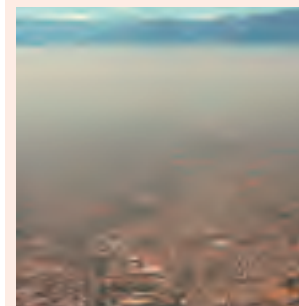
Reacción global (redox)



**Paso 5.** Finalmente se debe comprobar que la reacción global tenga el mismo tipo y número de átomos y verificar que las cargas sean iguales en ambos lados de la reacción.

## SABÍAS QUE

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es un contaminante producido por la combustión del azufre presente en combustibles fósiles (gasolina, petróleo diésel, carbón, etc.), en minerales que van a fundición y otros procesos industriales. Al entrar en contacto con la humedad del ambiente, se convierte en ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), pasando a formar parte de la denominada **lluvia ácida**. La intensidad de formación de aerosoles y el período de permanencia de ellos en la atmósfera dependen de las condiciones meteorológicas y de la cantidad de impurezas presentes en el aire.



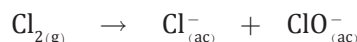
## SABÍAS QUE

Los procesos de óxido reducción o redox ocurren cotidianamente. Las joyas, por ejemplo, se oxidan cambiando de color, como las de plata. Este elemento en estado puro (Ag) tiene un color gris brillante; en cambio, al entrar en contacto con el oxígeno liberará  $1e^-$ , por lo que alcanza un N.O. +1 y forma óxido de plata (I) de color gris oscuro o incluso negro.

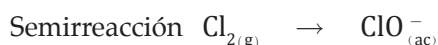


## EJERCICIO RESUELTO

Estableceremos el equilibrio por método ión – electrón de la siguiente ecuación química, en **medio básico**:

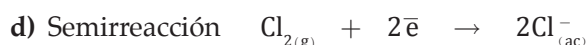
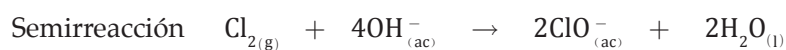
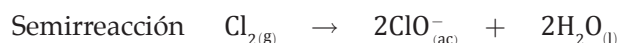


**Paso 1.** Se escriben la semirreacciones (incompletas) de oxidación y reducción.



En esta ecuación se observa que la especie que está como reactivo, se encuentra en ambas semirreacciones. El comportamiento del cloro se conoce como “dismutación”, es decir, se reduce y oxida al mismo tiempo.

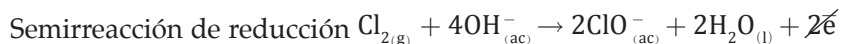
**Paso 2.** Se balancean las semirreacciones:



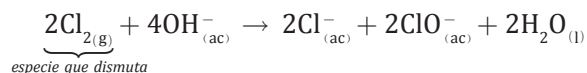
**Paso 3.** Ambas semirreacciones tienen 2 electrones, la primera los cede, por lo tanto corresponde a la oxidación y la segunda los gana, por lo tanto es la de reducción.

Por lo anterior, no es necesario multiplicar ninguna de las dos medias reacciones.

**Paso 4.** Se suma algebraicamente ambas semirreacciones, para obtener la reacción final.



Reacción global (redox)



**Paso 5.** Finalmente se debe comprobar que la reacción global tenga el mismo tipo y número de átomos y verificar que las cargas sean iguales en ambos lados de la reacción.



Las reacciones Redox son muy importantes en situaciones que ocurren en nuestro entorno, como en nuestro cuerpo. Entender el mecanismo de este tipo de reacciones, nos permite comprender por ejemplo, la oxidación de los metales, fabricar diversos productos; identificar la acción oxidante de productos como desinfectantes, que tienen acción oxidante y permiten conservar la salud; reacciones redox en el proceso de fotosíntesis, etc.

También, la mayoría de las reacciones que ocurren en nuestro cuerpo son de óxido-reducción. Por ejemplo, los organismos vivos necesitan oxígeno para mantener sus funciones vitales; la oxidación de la glucosa de nuestro cuerpo nos permite obtener energía para que nuestras células y nuestro organismo en general, funcione correctamente.

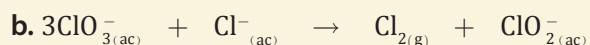
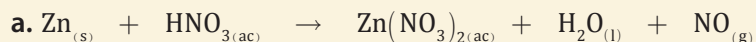


En el sitio [http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/serie3BalanceoRedox\\_6817.pdf](http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/serie3BalanceoRedox_6817.pdf)

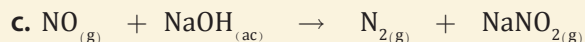
podrás encontrar un texto en PDF, en el que se mencionan las reglas para asignar el número de oxidación y se explica paso a paso balance de reacciones redox.

- 1** Establece el balance de las siguientes ecuaciones que describen reacciones de oxidación – reducción, aplicando el método ión – electrón, además, reconoce en cada caso el agente oxidante y el agente reductor.

Reacciones en ambiente ácido:



Reacciones en ambiente básico:



## DESAFÍO

**Habilidades a desarrollar:**

- Identificar
- Aplicar
- Calcular



Ahora que has desarrollado la actividad propuesta, reflexiona y comenta las siguientes preguntas con otro estudiante.

¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?

¿Entiendo la importancia de las especies “espectadoras” en el equilibrio y balance de las reacciones redox?

¿Se aplican las reglas fundamentales para balancear las reacciones redox, a través del método ión – electrón?



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Formular hipótesis
- Diseñar (montaje experimental)
- Observar
- Analizar
- Inferir
- Concluir y comunicar resultados
- Evaluar

### Materiales

- Una papa o un limón
- Un diodo emisor de luz (LED)
- Dos cables de 15 cm
- Dos pinzas caimán
- Un vaso de precipitado de 100 mL
- Una ampolleta de 1,5 V
- Una pila de 1,5 V
- Un multitéster
- Probeta de 20 mL

### Reactivos

- Una cinta de cobre (Cu) (1 x 4 cm)
- Una cinta de cinc (Zn) (1 x 4 cm)
- Disolución de HCl 0,1M

## Celdas electroquímicas

### Estudiaremos

Celdas electroquímicas.

### Introducción

A diferencia de otras actividades, en esta ocasión solo les proporcionaremos el diseño experimental, siendo la labor del equipo de trabajo desarrollar los otros ocho pasos característicos de las actividades de investigación.

El objetivo de esta actividad es permitir una primera aproximación a las celdas electroquímicas, razón por la cual la primera gran tarea para el equipo es investigar qué son.

Posteriormente, cuando tengan la primera aproximación al fenómeno que estudiaremos, deberán realizar lo siguiente:

### Paso 1: Exploración

### Paso 2: Preguntas de exploración

### Paso 3: Formulación de hipótesis

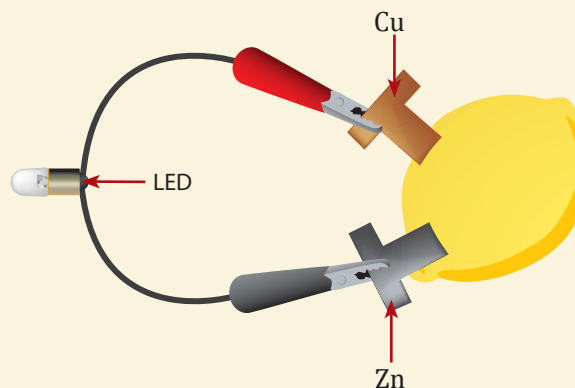
Consideren el diseño experimental que se presenta a continuación.

### Paso 4: Diseño experimental

Construyan una pila.

### Ensayo 1

Inserten una cinta de cobre y una de cinc en la papa o el limón. En el extremo de cada cable coloquen una pinza caimán, que deben conectar por un extremo a la cinta de cobre y por el otro extremo a la cinta de cinc. En el cable conecten el led, armando un circuito en serie como el presentado en la figura:



A continuación, desconecten el LED y unan los mismos cables a la ampolleta de 1,5 V y midan la diferencia de potencial de estas pilas con el multitéster. Tomen nota de sus observaciones.



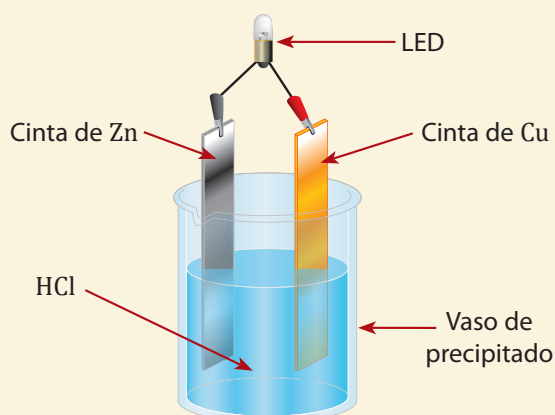
**Ensayo 2**

Usando 2 cables, unan el LED a una pila de 1,5 V y observen qué ocurre con la intensidad luminosa. Comparen dicha intensidad con la observada en la pila de papa o limón.

**Ensayo 3**

Retiren la cinta de cobre y la de cinc del limón o de la papa, con su respectivo cable y pinza caimán. Unan los cables terminales al LED y sumerjan ambos metales en 20 mL de disolución de HCl 0,1 M, como muestra la figura inferior.

Tengan presentes los pasos 5 y 6, Registro de observaciones y Recopilación y ordenamiento de datos.

**Paso 7: Análisis de datos**

Además de responder las preguntas de exploración elaboradas por ustedes y contrastar sus hipótesis, respondan los siguientes cuestionamientos.

- ¿Qué rol cumplen las cintas de cobre y de cinc en esta pila?
- ¿Qué reacciones redox ocurren en cada electrodo?
- ¿Cuál es el rol que cumple la papa o el limón?
- ¿Qué reacciones redox ocurren al usar el HCl?
- ¿Por qué el LED se enciende con esta pila y la ampolleta no?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Elaboren las conclusiones y un informe de laboratorio para ejecutar este paso.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Finalmente, para evaluar el trabajo realizado, respondan individualmente las siguientes preguntas:

- ¿La actividad planteada me ha permitido desarrollar las habilidades de investigación?
- ¿Reúno información de diferentes fuentes, que me permitan complementar el trabajo experimental?
- ¿Formulo hipótesis y preguntas de investigación empleando creatividad?
- ¿Practico la observación durante el trabajo realizado?
- En los procedimientos experimentales realizados, ¿me he preocupado de trabajar rigurosamente, especialmente durante la observación y la medición?
- ¿Sé elaborar un informe de laboratorio?

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

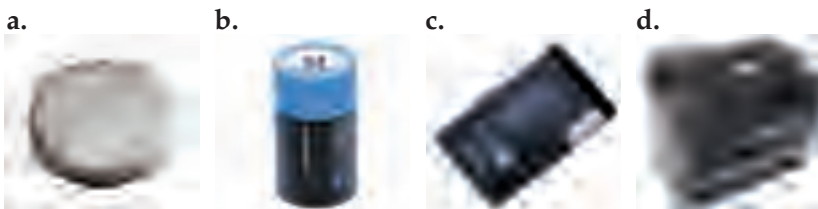
Trabajarás con una disolución de ácido clorhídrico (HCl); recuerda que es un ácido fuerte y que no debes tomar contacto directo con él. Procede según las instrucciones descritas en el diseño experimental. Limpian y ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Recuerden entregar al docente a cargo las disoluciones trabajadas para su posterior eliminación.





## 5. Electroquímica

Observa atentamente las siguientes imágenes:



### SABÍAS QUE

Uno de los usos de las reacciones redox puede verificarse en lo que se conoce como **celdas electroquímicas**, sean estas celdas galvánicas o celdas electrolíticas, ambas de bastante aplicación en la realidad. Las primeras son de uso común en radios, linternas, juguetes y, principalmente, en las baterías de litio y yodo, utilizadas en marcapasos. Estos dispositivos, que ayudan al buen funcionamiento del corazón, pesan menos de 30 gramos y su vida útil es de ocho años, aproximadamente. Esta batería genera un pulso eléctrico que posibilita al paciente superar, por ejemplo, una arritmia cardíaca que dificulta la circulación sanguínea.



- ¿Qué tienen en común las imágenes que acabas de observar?
- ¿Qué relación podrías establecer entre las imágenes presentadas, el título del contenido a estudiar y lo que has aprendido respecto a las reacciones Redox?

Hasta ahora hemos aprendido a determinar estados de oxidación, reconocer ecuaciones redox y balancearlas en ambiente ácido o básico según corresponda. Es necesario, entonces, saber que las ecuaciones redox tienen una amplia gama de aplicación en nuestro diario vivir y que todas las reglas, conceptos y teorías hasta aquí analizadas tienen una aplicación que se escapa de las paredes del laboratorio químico y se encuentran en muchas de nuestras actividades cotidianas. Por ejemplo, en todas las pilas que se venden en el comercio, los automóviles eléctricos, y en la obtención del cobre de nuestro país.

La **electroquímica**, es uno de los campos de la química que considera las reacciones químicas que producen energía eléctrica, o son ocasionadas por ellas.

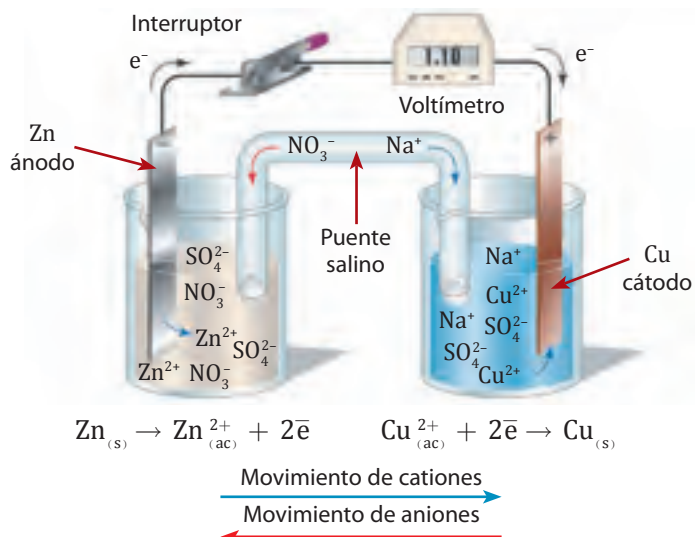
### a. Celdas voltaicas

Puede que el término celdas voltaicas (o galvánicas) no les sea familiar, pero un ejemplo concreto de su aplicación es la pila que usamos en linternas, radios o equipos de sonido portátiles, siendo éstas analizadas en detalle más adelante y entendiendo que están compuestas por una o más celdas.

Las **celdas voltaicas**, corresponden a un dispositivo en que la transferencia de electrones se produce gracias a una conexión entre dos electrodos separados y no directamente entre los reactivos, liberando espontáneamente energía que puede emplearse para realizar un trabajo eléctrico.

Para comprender la estructura y funcionamiento de este tipo de celdas, observa atentamente la siguiente imagen: ¿qué observas?, ¿qué puedes deducir?, ¿cuál es la reacción redox global?, ¿cómo está constituida la celda?, ¿para qué se produce el movimiento de cationes y aniones?, ¿qué es el ánodo y el cátodo?





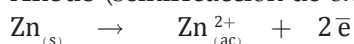
La reacción de oxidación – reducción que hemos analizado anteriormente  $\text{Zn}_{(s)} + \text{Cu}_{(ac)}^{2+} \rightarrow \text{Zn}_{(ac)}^{2+} + \text{Cu}_{(s)}$  se produce espontáneamente si se introduce una lámina de cinc (Zn) en una disolución de cobre que contenga el ión  $\text{Cu}^{2+}$

La misma reacción en la celda voltaica se desarrolla pero en entre dos dispositivos, pues los reactivos ( $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+}$ ) no están en contacto directo. En la celda, observamos que en un compartimiento el cinc metálico (Zn) está en contacto con una disolución que contiene ión cinc (II) ( $\text{Zn}^{2+}$ ) y en el otro compartimiento, cobre metálico (Cu) que está en contacto con una disolución en la que hay presencia de ión cobre (II) ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Así, la reacción de oxidación – reducción se produce gracias al flujo de electrones a través de un circuito externo (alambre superior de la imagen) que conecta ambas láminas metálicas.

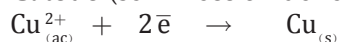
Las superficies de las láminas metálicas que sirven de contacto con las disoluciones se les llama **electrodos**. Unos de ellos se denomina **ánodo** y el otro **cátodo**, por definición, en el primero ocurre la oxidación y en el segundo la reducción, constituyéndose cada uno de ellos en una **media celda**.

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede escribir:

**Ánodo** (semirreacción de oxidación, polo negativo)



**Cátodo** (semirreacción de reducción, polo positivo)



La semirreacción de oxidación (ánodo) se lleva a cabo en el vaso de la izquierda. El cinc metálico genera iones  $\text{Zn}^{2+}$ ; por lo tanto, el electrodo queda cargado negativamente. El electrodo de cinc pierde masa y la concentración de la disolución de ión cinc (II) aumenta con el funcionamiento de la celda.

La semirreacción de reducción (cátodo) se lleva a cabo en el vaso de la derecha, donde los iones  $\text{Cu}^{2+}$  se depositan en el electrodo de cobre, quedando así cargado positivamente. El electrodo gana masa y la concentración de la disolución disminuye.

## MÁS QUE QUÍMICA

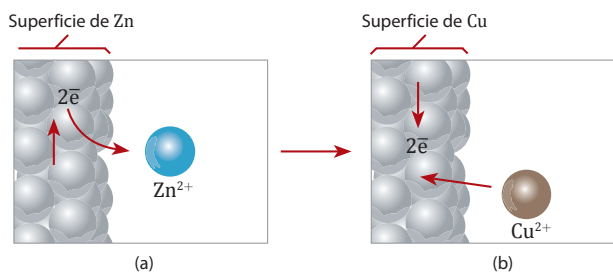


**Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta**  
 (1745-1827)

Físico italiano. En 1775 logra por primera vez producir corriente eléctrica continua; se inventa el electróforo perpetuo. En 1800 inventa la primera pila eléctrica, que lleva su nombre: pila voltaica.



Lo anteriormente expuesto, se muestra en la siguiente figura, considerando una perspectiva molecular.



Si en el conductor metálico que une ambos electrodos y permite el flujo de los electrones desde el ánodo hacia el cátodo se dispone un amperímetro, es posible medir la intensidad de la corriente, que permite por ejemplo, encender una ampolla. Si en cambio, se dispone un voltímetro, medimos la diferencia de potencial entre ambas medias celdas que se define como la **fuerza impulsora de los electrones** (fuerza motriz), es decir, la corriente eléctrica y es llamada **fuerza electromotriz (fem)**, la que estudiaremos en detalle en páginas posteriores.

### MÁS QUE QUÍMICA

Un electrolito es una sustancia que al disolverse en agua, forma una solución conductora de la electricidad. Los electrolitos pueden ser fuertes o débiles.

Además en las medias celdas se observa que entre las disoluciones de electrolitos se observa un puente salino, dispositivo en forma de U (generalmente un tubo de vidrio), contiene una disolución de un electrolito (por ejemplo nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ )) cuyos iones ( $\text{Na}^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) no reaccionan con los otros iones presentes en la celda ni con sus respectivos electrodos, tiene como objetivo neutralizar las cargas con distinto signo en cada media celda. En síntesis, a través de este puente, migran aniones hacia el ánodo y cationes hacia el cátodo, compensándose la diferencia de carga, es decir, el puente salino permite el flujo de iones de una disolución a otra.

### ¡HAZLO EN TU CASA!

#### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Aplicar
- Inferir
- Investigar

#### Materiales

- Jugo de limón
- Tiras de toalla de papel absorbente de 2,5 cm x 2,5 cm
- Cinco monedas de cobre
- Cinco monedas que no sean de cobre

#### Procedimiento:

- Sumerge las tiras de toalla de papel absorbente en el jugo de limón.
- Alterna una moneda de cobre, una tira de papel y una moneda que no sea de cobre.
- Humedece la yema de tus dedos índices y sostén el dispositivo formado entre tus dedos, como se observa en la figura:



#### Responde:

- 1 ¿Qué sucede al tocar el dispositivo con la yema de tus dedos? ¿Qué crees que has fabricado?
- 2 Investiga, que es una pila hidroeléctrica. ¿Tiene alguna relación con el dispositivo formado?



## Celdas electrolíticas

### Estudiaremos

Pila de Daniells y celdas electrolíticas.

### Introducción

Construirán dos celdas electroquímicas, una galvánica y otra electrolítica. A diferencia de otras actividades, los pasos característicos del procedimiento científico serán diseñados, elaborados y ejecutados completamente por ustedes para la primera experiencia y parcialmente para la segunda. En ambos casos recuerden considerar la exploración, formular preguntas de exploración y la hipótesis, elaborar el diseño experimental, realizar el registro de observaciones, recopilar y ordenar datos. Posteriormente, deben analizarlos y finalmente elaborar las conclusiones y comunicar los resultados obtenidos mediante un informe de laboratorio.

### Experiencia 1: Pila de Daniell

La pila de Daniell, está constituida por dos electrodos, uno de Zn y otro de Cu, sumergidos respectivamente en disoluciones 1M de sulfato de cinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) y sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ )

En esta actividad experimental los invitamos a reproducir los pasos del trabajo experimental. Investiguen sobre este tipo de celda y soliciten los materiales necesarios para esta actividad a su profesor o profesora. ¡Manos a la obra!

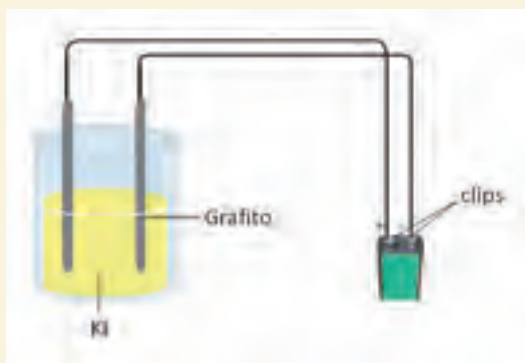
### Experiencia 2: Construyamos una celda electrolítica

A continuación, les presentamos el diseño experimental de la construcción de una celda electrolítica y algunas de las preguntas que pueden guiar el análisis. Considerando la información entregada, construyan los siete pasos faltantes de la investigación experimental.

### Procedimientos

Viertan en el vaso de precipitado 50 mL de la disolución de KI. Coloquen un clip en los extremos de cada cable. Conecten el extremo de uno de los cables a la mina de grafito y el otro, al polo negativo de la batería. Hagan lo mismo con el otro cable; por un extremo lo unen a la mina de grafito y al polo positivo de la batería por el otro.

Sumerjan ambas minas de grafito en la disolución de KI, cuidando que no se topen (como se observa en la imagen inferior). Anoten lo observado.



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Construir
- Observar
- Investigar
- Formular preguntas e hipótesis
- Elaborar diseños experimentales

### Materiales

- Un vaso de precipitado de 100 mL
- Una batería de 9 V
- Dos cables de 20 cm
- Cuatro clips
- Dos minas de grafito
- Una pipeta
- Lupa

### Reactivos

- Disolución de KI 1M
- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Almidón





**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Emplearás una disolución 1M de Yoduro de potasio (KI), que debes manipular con material volumétrico. No lo toques. Si se produce un derrame accidental, comunícalo inmediatamente al docente a cargo.

Limpian y ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad.

Ayudados por una lupa, observen los cambios que ocurren en cada electrodo. Agreguen fenolftaleína al polo negativo y almidón al polo positivo; anoten sus observaciones.

**Análisis**

Escriban las ecuaciones que representan las reacciones redox que ocurrieron en cada electrodo.

¿Por qué uno de los electrodos cambió de coloración y el otro no? ¿Qué productos creen que se obtienen en esta experiencia?

¿Por qué creen ustedes que la fenolftaleína enrojece en uno de los electrodos?

Investiguen. ¿Qué gas se genera en el polo negativo de la batería?

**Evaluación del trabajo**

Para evaluar el trabajo realizado, te proponemos que marques la opción que mejor te represente y luego compartas en grupo tus evaluaciones.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Comprendo el comportamiento de las pilas electroquímicas.			
Diferencio ánodo y cátodo en una pila y entiendo la misión e importancia del puente salino.			
Reconozco las reacciones de oxidación y reducción y sus respectivos electrodos en la formación de pilas galvánicas y electrolíticas.			
Reconozco los errores cometidos durante una actividad y trato de enmendarlos.			
Comprendo y asumo con humildad las críticas y observaciones de mis compañeros y compañeras, entendiéndolas como indicaciones para mejorar.			
Muestro errores cometidos por mis compañeros y compañeras con respeto y humildad a fin de mejorar nuestro trabajo en equipo.			
Comprendo que la seriedad y la exhaustividad en el estudio de los antecedentes que proceden al inicio de un trabajo de investigación configuran uno de los pasos más relevantes en el desarrollo de una investigación.			



Tomar conciencia del proceso de aprendizaje te permitirá reforzar aquellos conocimientos que no has logrado comprender del todo. Para eso, responde las siguientes preguntas: ¿Puedo explicar los nuevos conceptos aprendidos?, ¿busco respuestas para aquello que no he comprendido totalmente?, ¿me intereso por participar en las clases y preguntar lo que no entiendo?, ¿me intereso por aprender cosas relacionadas con los temas de las clases en mayor profundidad?





## b. Electrólisis y celdas electrolíticas

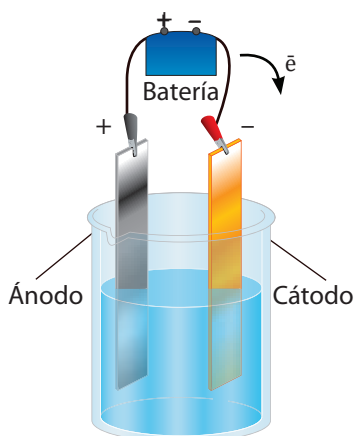
Los procesos de óxido-reducción que hemos analizado anteriormente son reacciones que generan energía eléctrica y ocurren espontáneamente en el sentido descrito. Es decir, el potencial de las celdas galvánicas correspondientes resulta ser un valor positivo, liberando energía eléctrica.

La **electrólisis**, en cambio, corresponde al proceso contrario a las celdas galvánicas, esto es, la aplicación de energía eléctrica para lograr una reacción química redox (no espontánea,  $\Delta E^0 < 0$ ).

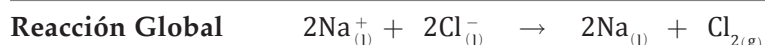
El proceso de la electrólisis se lleva a cabo en una **celda electrolítica**, la cual está constituida por dos electrodos inmersos en una sal fundida o en una disolución, conectados a una fuente externa de corriente eléctrica (como por ejemplo una batería), la que actúa como “bomba de electrones” empujándolos hacia un electrodo y tomándolos del otro.

La corriente eléctrica descompone el electrolito en cationes que migran hacia el cátodo (donde se produce la reducción) y en aniones que lo hacen hacia el ánodo (donde se produce la oxidación).

Un ejemplo de este tipo de celda es la electrólisis del cloruro de sodio fundido, conocido como celda de Downs:



En ella los iones de  $\text{Na}^+$  captan electrones y se reduce a Na en el cátodo y nuevos iones de  $\text{Na}^+$  se acercan al cátodo para tomar el lugar de los primeros. Los iones de  $\text{Cl}^-$  se mueven hacia el ánodo oxidándose, lo que se representa en las siguientes ecuaciones:



En resumen, las celdas electrolíticas se caracterizan por:

- Requerir energía eléctrica, ya que por sí sola no funcionarían.
- En el ánodo ocurre la oxidación.
- En el cátodo ocurre la reducción.

### SABÍAS QUE

Una pila seca está formada por celdas electrolíticas galvánicas con electrolitos pastosos. Una pila seca común es la pila de cinc-carbono, que usa una célula llamada a veces **célula Leclanché seca**, con un voltaje de 1,5 voltios, el mismo que el de las pilas alcalinas (debido a que ambas usan la misma combinación cinc-dióxido de manganeso). Suelen conectarse varias células en serie dentro de una misma carcasa o compartimento para formar una pila de mayor voltaje que el provisto por una sola.



## MÁS QUE QUÍMICA

Al fluir los electrones de un electrodo a otro, existe una diferencia de potencial entre los electrodos, diferencia que se define como la fuerza impulsora de los electrones (corriente eléctrica)

Esta diferencia de potencial entre los electrodos es llamada **fuerza electromotriz o fem (E)**. La fem de una celda galvánica se mide generalmente en volts; también se conoce como voltaje o potencial de la celda. En páginas posteriores veremos que la fem de una celda no solo depende de la naturaleza de los electrodos, sino también de la concentración de los iones y de la temperatura a la que opera la celda.

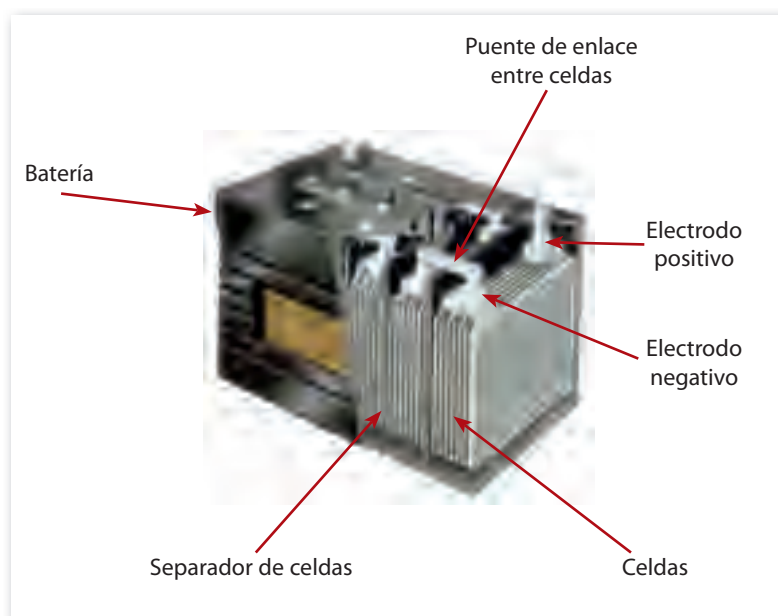
Existen otros procesos de electrólisis de sales fundidas, que son de gran importancia para diversos procesos industriales. En nuestro país, la electrólisis es un proceso fundamental en la producción de cobre de alta pureza, asunto que abordaremos en nuestra *Revista científica*.



En el sitio <http://www.alue.cat/documents/alumini/obtencio.pdf> encontrarás información acerca de la obtención del aluminio. Esta es una de las aplicaciones a nivel industrial de la electrólisis.

## c. Baterías

Una **batería** es una fuente de energía electroquímica portátil y autosuficiente, compuesta por una o más celdas voltaicas. En este último caso (más celdas voltaicas), se conectan celdas en serie haciendo contacto entre el cátodo de una celda y el ánodo de otra, produciendo un voltaje equivalente a la suma de la fuerza electromotriz de las celdas individuales. A continuación se muestra el interior de una batería:



Las baterías son útiles para las múltiples aplicaciones que hace el ser humano y comercialmente interesantes, dependiendo del potencial que liberan y de la vida útil que tienen, características que dependen respectivamente de las sustancias presentes en el ánodo, el cátodo y de las cantidades de dichas sustancias. Sabemos por lo cotidiano de su uso, que las baterías empleadas por ejemplo en un celular, en un computador o en un auto no son iguales y sus requerimientos son muy distintos.

Considerando lo anteriormente expuesto, se diferencian **celdas primarias**, aquellas que no es posible recargar cuando su fem llega a cero, y las **celdas secundarias** que pueden recargarse gracias a una fuente de energía externa.



Lee atentamente el siguiente texto para conocer el funcionamiento básico de pilas electroquímicas de uso común y luego desarrolla las actividades propuestas.

En el mercado existen una gran variedad de pilas o baterías, todas ellas diseñadas y empleadas con distintos fines, algunos ejemplos son:

- **Batería o acumulador de plomo.**  
Destinada para el uso en automóviles contiene seis celdas voltaicas en serie, cada una de las cuales produce 2 V, generando un total de 12 V. El cátodo de la celda es de dióxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) y el ánodo de plomo ( $\text{Pb}$ ), ambos electrodos inmersos en ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



Corresponde a una celda secundaria, que es posible recargar gracias a una fuente externa de energía, que invierte el sentido de la reacción original, regenerando el plomo ( $\text{Pb}$ ) y el dióxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ).

- **Batería de ion- litio.**  
Gracias al aumento significativo de dispositivos electrónicos y a la necesidad de que estos sean cada vez más livianos, las baterías del ión – litio, han sido una de las baterías más recientemente perfeccionadas y con mayor demanda.



Básicamente están compuestas por un electrodo de grafito y otro de óxido de litio y cobalto ( $\text{LiCoO}_3$ ). Durante la carga los iones de cobalto ( $\text{Co}$ ) se oxidan y los de litio migran al grafito. En cambio, durante la descarga los iones de litio ( $\text{Li}$ ) migran espontáneamente desde el grafito al cátodo.

- **Batería alcalina.** Celda primaria más común en el mercado, es un dispositivo herméticamente cerrado en un tubo de acero, que contiene en el ánodo, cinc metálico ( $\text{Zn}$ ) en polvo, inmovilizado en un gel, y en contacto con una disolución concentrada de hidróxido de potasio ( $\text{KOH}$ ). En el cátodo se encuentra una mezcla de dióxido de manganeso sólido ( $\text{MnO}_2$ ) y gráfico ( $\text{C}$ ), separado del ánodo gracias a la presencia de una tela porosa. Produce 1,55 V.



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Comprender
- Formular ecuaciones

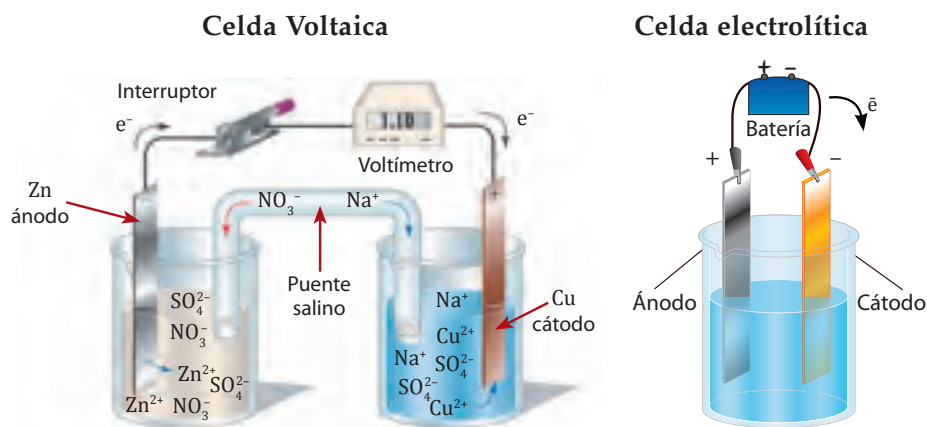
Responde las siguientes preguntas:

- 1 Según la información proporcionada, ¿cuáles son las especies que constituyen cada batería?
- 2 Con la ayuda del docente, plantea las ecuaciones químicas que ocurren en el ánodo y el cátodo (reacciones redox), para cada batería.
- 3 ¿Qué tipo de celda (primaria o secundaria) es la batería de ión – litio?
- 4 Investiga, ¿por qué la batería de ión litio es una de las más livianas del mercado?
- 5 Las baterías alcalinas han reemplazado poco a poco las antiguas “pilas secas”. Investiga, ¿qué es una pila seca?, ¿cuál es su diferencia con una batería alcalina?
- 6 Investiga, ¿por qué es peligroso arrojar las pilas o baterías con el resto de la basura?, ¿qué efectos producen los componentes de las pilas en el ser humano?, ¿cuál crees que sería la forma correcta de eliminar las pilas o baterías?

### d. Fem de la celda

Hemos analizado los tipos de celda, considerando primero, la reacción química que se produce entre el cinc (Zn) y los iones de cobre (II) ( $\text{Cu}^{2+}$ ) en la celda voltaica, en donde cada uno de los reactivos se encuentra en dispositivos distintos, y en segundo caso, la electrólisis de cloruro de sodio, en una celda de Downs.

En ambos casos existe transferencia de electrones desde la especie que se oxida a la que se reduce o desde el ánodo al cátodo y en el caso de la celda electrolítica, a través de un circuito externo, como se observa en las siguientes imágenes:



Considerando lo anteriormente expuesto, ¿podrías explicar por qué los electrones “viajan” espontáneamente de un lugar al otro?

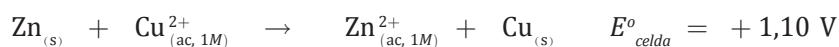


Como mencionamos anteriormente, existe una “fuerza motriz”. Esta empuja los electrones a “viajar” a lo largo de un circuito externo en el caso de una celda voltaica, debido a una diferencia de energía potencial que se produce, ya que la energía potencial de los electrones es mayor en el ánodo que en el cátodo.

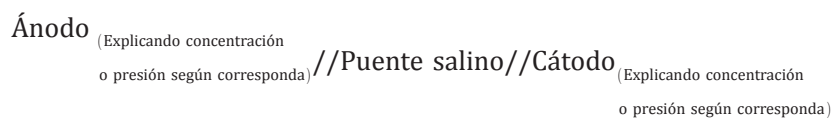
A esta diferencia de potencial se le llama **fuerza electromotriz (fem)** y es medida en unidades de volts (V), se denominada también “potencial de la celda”, se escribe como  $E_{celda}^o$

La fem de una celda voltaica depende de las reacciones específicas que se llevan a cabo en el cátodo y en el ánodo, de las concentraciones de reactivos y productos, y de la temperatura. Cuando dichas condiciones (concentración y temperatura) se ajustan respectivamente a ser 1 M para reactivos y productos en disolución a 25°C, y la presión de los gases es igual a 1 atmósfera (1atm), se conoce como “potencial estándar de la celda” y se escribe como  $E_{celda}^o$

Para la reacción química que hemos estudiado a lo largo del tema, entre el cinc (Zn) y los iones ( $\text{Cu}^{2+}$ ), el potencial estándar de la celda es +1,10 V, como se expresa a continuación:



Otra forma de describir el proceso es a través del **diagrama de celda**, que corresponde a un sistema de escritura que concentra la información de la celda de la siguiente manera:



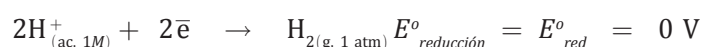
Así:  $\text{Zn}_{(s)} / \text{Zn}_{(ac, 1M)}^{2+} // \text{NaNO}_3 // \text{Cu}_{(ac, 1M)}^{2+} / \text{Cu}_{(s)}$  a 25°C

## e.1. Potenciales de reducción

Como mencionamos anteriormente, el  $E_{celda}^o$  depende de lo que ocurre en cada media celda, razón por la cual es necesario conocer el potencial estándar de cada media celda y a partir de ellos el de la celda completa, entendiéndolo como la diferencia entre los dos potenciales de cada uno de sus electrodos (ánodo y cátodo), es decir:

$$E_{celda}^o = E_{cátodo}^o - E_{ánodo}^o$$

El problema entonces es, ¿cómo obtenemos los potenciales de cada media celda? A fin de responder ese cuestionamiento, se considera la reducción del ión de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) como referencia en condiciones estándar, (electrodo estándar de hidrógeno) asignándole potencial de reducción igual a 0 V, como muestra la siguiente ecuación:



### MÁS QUE QUÍMICA

El volt (V) es la diferencia de potencial necesaria para impartir 1 J (joule) de energía a una carga de 1 C (coulomb)

$$1\text{V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

### MÁS QUE QUÍMICA

El electrodo de hidrógeno, se conoce como electrodo estándar de hidrógeno (EEH), el cual sirve para medir los potenciales de otros electrodos. En el electrodo de hidrógeno, se burbujea ( $\text{H}_2$ ) a 1 atm, a través de una disolución de HCl 1 M.





Con este electrodo como referencia con potencial estándar conocido, se logra determinar el potencial estándar de reducción de otras medias celdas.

Tabla 18  
Potenciales estándar de reducción a 25°C

Semirreacción	$E^{\circ}$ (V)
$\text{Na}_{(ac)}^{+} + \bar{e} \rightarrow \text{Na}_{(s)}$	-2,71
$\text{Mg}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mg}_{(s)}$	-2,37
$\text{Al}_{(ac)}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}_{(s)}$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + 2\text{OH}_{(ac)}^{-}$	-0,83
$\text{Zn}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0,76
$\text{Cr}_{(ac)}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Cr}_{(s)}$	-0,74
$\text{Fe}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$	-0,44
$\text{Co}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}_{(s)}$	-0,28
$\text{Sn}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}_{(s)}$	-0,14
$2\text{H}_{(ac)}^{+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_{2(g)}$	0,00
$\text{Sn}_{(ac)}^{4+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Sn}_{(ac)}^{2+}$	+0,13
$\text{Cu}_{(ac)}^{2+} + \bar{e} \rightarrow \text{Cu}_{(ac)}^{+}$	+0,15
$\text{AgCl}_{(s)} + \bar{e} \rightarrow \text{Ag}_{(s)} + \text{Cl}_{(ac)}^{-}$	+0,22
$\text{Cu}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	+0,34
$\text{O}_{2(g)} + 2\text{H}^{+} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+0,40
$\text{MnO}_{4(ac)}^{-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} \rightarrow \text{MnO}_{2(s)} + 4\text{OH}_{(ac)}^{-}$	+0,59
$\text{Fe}_{(ac)}^{3+} + \bar{e} \rightarrow \text{Fe}_{(ac)}^{2+}$	+0,77
$\text{Ag}_{(ac)}^{+} + \bar{e} \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$	+0,80
$\text{Hg}_{2(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Hg}_{(l)}$	+0,85
$2\text{Hg}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Hg}_{2(ac)}$	+0,92
$\text{NO}_{3(ac)}^{-} + 4\text{H}_{(ac)}^{+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{O}_{2(g)} + 4\text{H}_{(ac)}^{+} + 4\bar{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Cr}_2\text{O}_{7(ac)}^{2-} + 14\text{H}_{(ac)}^{+} + 6\bar{e} \rightarrow 2\text{Cr}_{(ac)}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,33
$\text{Cl}_{2(g)} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Cl}_{(ac)}^{-}$	+1,36
$\text{MnO}_{4(ac)}^{-} + 8\text{H}_{(ac)}^{+} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}_{(ac)}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
$\text{F}_{2(g)} + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{F}_{(ac)}^{-}$	+2,87

En forma general, entendemos que los potenciales estándar del cátodo y el ánodo empleados para calcular el potencial de la celda ( $E^{\circ}_{celda}$ ) se expresa de la siguiente forma:

$$E^{\circ}_{celda} = E^{\circ}_{red}(\text{cátodo}) - E^{\circ}_{red}(\text{ánodo})$$

$$= E^{\circ}_{red}(\text{proceso de reducción}) - E^{\circ}_{red}(\text{proceso de oxidación})$$



Entendiendo en todos los casos que  $E^{\circ}_{\text{celda}}$  o  $E^{\circ}$  (para cualquier proceso), hacen referencia a la fem. Su valor nos indica:

$E^{\circ}_{\text{celda}}$  o  $E^{\circ}$  mayor a cero ( $E^{\circ} > 0$ ) el proceso es espontáneo.

$E^{\circ}_{\text{celda}}$  o  $E^{\circ}$  menor a cero ( $E^{\circ} < 0$ ) el proceso no es espontáneo.

Hemos aprendido en unidades anteriores que la energía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ) también describe la espontaneidad de una reacción, y como E (fem) es el indicador de una reacción Redox, ambas variables se relacionan a través de la expresión:

$$\Delta G = -nFE \text{ o en condiciones estándar: } \Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}$$

En ambas expresiones “n” corresponde al número de electrones que se transfieren en la reacción y “F” es la constante de Faraday, que indica la cantidad de carga eléctrica de 1 mol de electrones cuyo valor es  $96500 \text{ J/V} \cdot \text{mol}$

Si en las expresiones expuestas (no estándar y estándar) el valor de E es positivo y  $\Delta G$  negativo, respectivamente, indican que la reacción es espontánea.

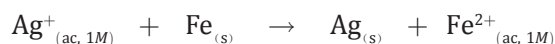


En el sitio <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/lentiscal/1-cdquimica-tic/flashq/redox/fem/determinacionpotencial.htm>

encontrarás un animación, en la cual, podrás determinar la fuerza electromotriz de una pila, eligiendo los electrodos y las disoluciones de sus iones. También encontrarás información adicional sobre el fundamento teórico de las pilas.

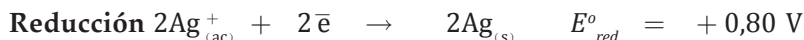
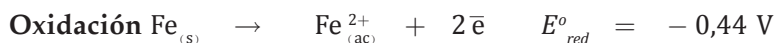
## EJERCICIO RESUELTO

A partir de los datos de los potenciales estándar de reducción de la tabla 18, calcularemos el  $E^{\circ}_{\text{celda}}$  y  $\Delta G^{\circ}$ , de la siguiente reacción:



### Parte 1:

**Paso 1.** Se calcula  $E^{\circ}_{\text{celda}}$  reconociendo las semirreacciones.



- Es importante señalar que la reacción de reducción ha sido multiplicada por 2, para equiparar la cantidad de electrones transferidos, el valor de  $E^{\circ}$  es usado tal como aparece en la tabla, porque la fem es una propiedad intensiva.

## RECUERDA QUE

Los procesos espontáneos son los que ocurren de manera natural en una dirección determinada y los procesos no espontáneos, no ocurren de manera natural en una determinada dirección.

## RECUERDA QUE

Una propiedad intensiva es aquellas que no depende de la cantidad de sustancia presente en un sistema, por esta razón, no es una propiedad aditiva. Puede ser una magnitud escalar o vectorial. Ejemplos de propiedades intensivas es la temperatura, la velocidad



**Paso 2.** Seleccionar la fórmula. Para conocer el potencial de la celda se aplica.

$$E^{\circ}_{\text{celda}} = E^{\circ}_{\text{red}}(\text{proceso de reducción}) - E^{\circ}_{\text{red}}(\text{proceso de oxidación})$$

**Paso 3.** Se reemplazan los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$E^{\circ}_{\text{celda}} = (+0,80 \text{ V}) - (-0,44 \text{ V}) = +1,24 \text{ V}$$

**Parte 2:**

**Paso 1.** Se calcula  $\Delta G^{\circ}$  considerando que:  $\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}$

**Paso 2.** Reemplazar los datos en la fórmula escogida y resolver.

$$\Delta G^{\circ} = -(2) \cdot (96500 \text{ J/V} \cdot \text{mol}) \cdot (+1,24 \text{ V}) = -239,3 \text{ J/mol} = 0,24 \text{ kJ/mol}$$

**Paso 3.** Interpretar

Podrás observar que  $E^{\circ}$  es positivo por lo tanto la reacción es espontánea, y  $\Delta G^{\circ}$  negativo, que también se obtienen datos de una reacción espontánea.

En general, un valor  $E^{\circ}$  positivo generara una  $\Delta G^{\circ}$  negativo, ambos valores propios de un proceso espontaneo y viceversa.

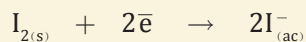
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

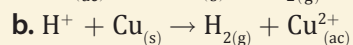
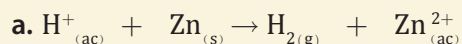
- Identificar
- Calcular
- Predecir
- Formular
- Aplicar
- Investigar

Desarrolla la siguiente actividad en forma individual. Recuerda consultar con tu profesor(a) las dudas que tengas, no olvides comparar, comentar y analizar los resultados obtenidos con otro estudiante.

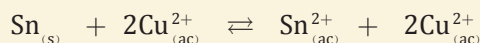
**1** Para las siguientes semireacciones, predice si el oxígeno puede oxidar al ión  $\text{I}^-$  a  $\text{I}_2$ . Obtén los valores de los potenciales de reducción de la tabla 18.



**2** Predice cuál de las siguientes reacciones ocurre espontáneamente en disolución acuosa en condiciones estándar (recuerda que debes calcular  $E^{\circ}$  y  $\Delta G^{\circ}$ )



**3** Para la siguiente reacción:

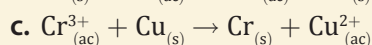
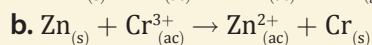
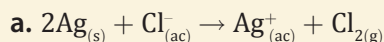


a. Escribe las semirreacciones que se producen en el cátodo y en el ánodo.

b. Calcula el valor de  $\Delta G^{\circ}$  ¿es espontánea o no?

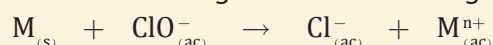


4 Determina el potencial estándar ( $E^{\circ}$ ) de las siguientes celdas. De acuerdo a los valores obtenidos, refiérete a los valores que tendría la energía libre ( $\Delta G^{\circ}$ ) en estos sistemas.



5 Si se coloca  $\text{Cr}_{(s)}$ ,  $\text{Cu}_{(s)}$ ,  $\text{Ag}_{(s)}$  o  $\text{Al}_{(s)}$  en contacto con una disolución de hipoclorito ( $\text{ClO}^{-}$ ), ¿cuáles metales serán oxidados y cuáles no? Justifiquen en función de los potenciales de cada celda.

**Nota.** Consideren el siguiente mecanismo general de reacción:



a. Teniendo en cuenta los valores obtenidos, identifiquen ánodo y cátodo.

b. Predice: ¿qué valores de  $\Delta G^{\circ}$  tendrán las reacciones estudiadas?

6 Considerando los conocimientos hasta aquí adquiridos, construyan/ inventen una celda galvánica y una electrolítica.

a. Seleccionen los electrodos participantes.

b. Seleccionen la solución que emplearás como puente salino en la celda galvánica.

c. Identifiquen ánodo y cátodo respectivos.

d. Determinen el potencial estándar de la celda.

e. Dibujen cada celda, explicando el viaje de los iones, la dirección de viaje de los electrones, polo negativo y polo positivo.

Evalúa el trabajo realizado, marcando con una X la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Entiendo que es la electroquímica?			
¿Puedo identificar las principales diferencias entre las celdas galvánicas y las electrolíticas?			
¿Entiendo la misión del puente salino en las celdas galvánicas?			
¿Relaciono el estudio de la electroquímica a las situaciones que ocurren en mi entorno?			
¿Puedo predecir cuando un proceso es espontáneo a partir del cálculo de $E^{\circ}$ y $\Delta G^{\circ}$ ?			



## MÁS QUE QUÍMICA



**Walther Nernst**  
(1864-1941)

Físico y químico alemán. En 1894 obtuvo la cátedra de Química y Física de la Universidad de Gotinga. Pasó después, en 1904, a la Universidad de Berlín como sucesor de Planck en la enseñanza de la Física. Obtuvo en 1920 el Premio Nobel de Química por sus estudios sobre termodinámica.

Fundamental es su teoría osmótica de la pila galvánica, a partir de la cual inventó la lámpara que lleva su nombre, y sustituyó con filamentos a base de óxidos metálicos el filamento de carbón de las primeras lámparas eléctricas, mejorando así su rendimiento.

## 6. Ecuación de Nernst

Los potenciales estándar de celdas galvánicas fueron definidos para condiciones muy especiales, llamadas **condiciones estándar**: temperatura de 25 °C, una presión de 1 atm y concentraciones 1 M de las especies químicas. Sin embargo, en la realidad, numerosas reacciones tienen lugar en condiciones distintas a las estándar, por lo que se necesita un método que permita calcular los potenciales redox. Con la ecuación de Nernst, llamada así en honor al químico alemán **Walther Nernst**, es posible determinar los potenciales de celda en condiciones diferentes a la estándar.

La ecuación de Nernst se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta E = \Delta E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

Donde:

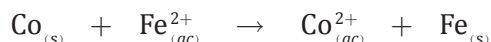
- $\Delta E$  Potencial de la celda en condiciones distintas a la estándar.
- $\Delta E^{\circ}$  Potencial estándar de la celda en estudio.
- R Constante de los gases ideales (J/mol K).
- T Temperatura absoluta (K).
- n Número de electrones que participan en la reacción redox.
- F Constante de Faraday (96 500 C/mol).
- Q Cociente de expresión matemática similar a la constante de equilibrio, pero que se refiere a cualquier condición en las concentraciones del sistema, y no necesariamente a las del equilibrio.

Para condiciones de temperatura iguales a 25 °C (298,15 K) y utilizando la escala de logaritmo en base 10, si se considera que R y F son constantes, la ecuación de Nernst queda expresada así:

$$\Delta E = \Delta E^{\circ} - \frac{0,059}{n} \ln Q$$

### EJERCICIO RESUELTO

Predice si la siguiente reacción procederá espontáneamente a 298 K en la forma en que está escrita, cuando  $[\text{Co}^{2+}]$  es igual a 0,15 M y la  $[\text{Fe}^{2+}]$  equivalente a 0,68 M. La reacción observada es:



**Paso 1.** Reconocer los datos relevantes y la incógnita.

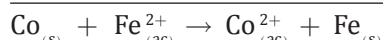
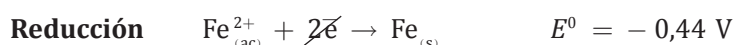
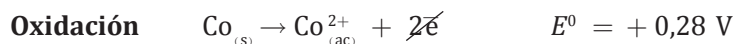
Datos:  $[\text{Co}^{2+}] = 0,15 \text{ M}$ ,  $[\text{Fe}^{2+}] = 0,68 \text{ M}$ ,  $E^{\circ}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = -0,28 \text{ V}$ ,  $E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0,44 \text{ V}$

Incógnita:  $\Delta E$  (potencial no estándar)

**Paso 2.** Seleccionar las fórmulas. Para conocer el potencial de la celda, se aplica la ecuación de Nernst.

**Paso 3.** Remplazar los datos en la fórmula escogida. Para sustituir los datos, es necesario determinar el valor de  $\Delta E^{\circ}$

Reacción global y potencial estándar de la celda.





**Paso 4.** Resolver.

Como las condiciones no son estándar (las concentraciones son distintas a 1 M), se aplica la ecuación de Nernst:

$$\Delta E = \Delta E^{\circ} - \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Productos}]}{[\text{Reactantes}]}$$

$$\Delta E = -0,16 - \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$\Delta E = -0,16 - 0,0295 \log \frac{[0,15]}{[0,68]}$$

$$\Delta E = -0,14 \text{ V}$$

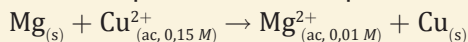
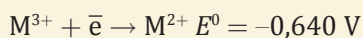
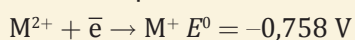
**Paso 5.** Interpretar.

Interpretemos el valor obtenido. Obsévalo atentamente. ¿Qué es el  $\Delta E$  y cuál es la diferencias con el  $\Delta E^{\circ}$ ? ¿Qué significa el valor de  $\Delta E$ ? ¿Qué importancia tiene que el valor de  $\Delta E$  sea negativo? ¿Qué puedes concluir?

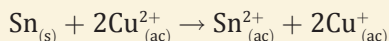
$\Delta E$  negativo indica que la reacción no es espontánea en la dirección descrita y que su potencial de celda es menor (a las concentraciones indicadas) que el potencial estándar. Por ende, para que la reacción se produzca, se debe incentivar el sistema químico, agregando  $-0,14 \text{ V}$  desde una fuente externa. Así, si se tratara de una celda electroquímica, sería una de tipo electrolítica.



En la página <http://docencia.izt.uam.mx/docencia/alva/fisicoquimica16.html>, encontrarás un experimento que permite corroborar la ecuación de Nernst.

**1** Calcula el potencial a 25 °C para la reacción:**2** Dados los potenciales de las siguientes semiecuaciones:

calcula la constante de equilibrio a 25 °C de la reacción hipotética:

**3** Determina el valor de la constante de equilibrio para la siguiente reacción a 25 °C:**4** En la reacción redox:  $\text{FeCl}_{2(ac)} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_{7(ac)} + \text{HCl}_{(ac)} \rightarrow \text{FeCl}_{3(ac)} + \text{CrCl}_{3(ac)} + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}_{(s)}$ , se observa que  $[\text{FeCl}_2] = 0,15 \text{ M}$ ,  $[\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7] = 3 \text{ \% m/v}$ ,  $[\text{FeCl}_3] = 0,10 \text{ M}$ ,  $[\text{CrCl}_3] = 0,17 \text{ M}$ . El pH de la solución es equivalente a 2 cuando la presión del sistema es 2 atm y su temperatura equivalente a 40 °C. (Recuerda que el ácido clorhídrico es un ácido fuerte)

$[\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+} = 0,77 \text{ V}$ ,  $\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{6+} = -1,33 \text{ V}$ ). Al respecto señala:

- semirreacción.
- reacción redox y potencial estándar.
- potencial de la celda.
- dibujo de la celda.

**DESAFÍO****Habilidades a desarrollar:**

- Analizar
- Aplicar
- Calcular
- Interpretar



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Observar
- Identificar
- Formular hipótesis
- Analizar
- Elaborar informes
- Concluir
- Evaluar

### Materiales

- Cinco cápsulas de Petri
- Dos alambres
- Alicata
- Cinco clavos de hierro (sin galvanizar)
- Un clavo galvanizado

### Reactivos

- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Agar-agar o jalea sin sabor
- Cinta de magnesio

## Un fenómeno redox cotidiano

### Estudiaremos

Corrosión.

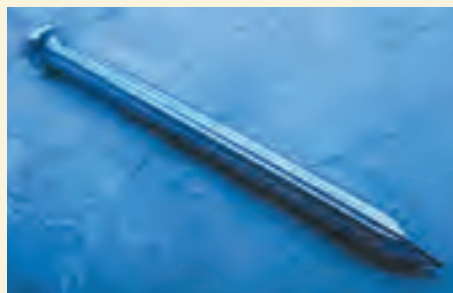
### Introducción

Seguramente has visto a tus familiares pintando una reja metálica con un antióxido. ¿Te has preguntado alguna vez para qué? La respuesta puede ser muy evidente si se analiza el nombre de la pintura empleada, pero ¿sabes cuáles son los procesos químicos que están involucrados?

Desarrolla la actividad propuesta en equipo de trabajo y descubre el fenómeno de la corrosión desde una perspectiva científica.

### Paso 1: Exploración

Observen atentamente las siguientes imágenes.



### Pasos 2 y 3: Preguntas de exploración y Formulación de hipótesis

A partir de la observación realizada, planteen las preguntas de exploración y la hipótesis de investigación.

### Paso 4: Diseño experimental

#### Procedimientos

- 1** Preparan una disolución acuosa de agar-agar o de jalea sin sabor y agréguele unas gotas de solución indicadora (fenolftaleína). Esta mezcla es un gel <sup>(1)</sup>. Viertan un poco de disolución de agar-agar en cada una de las cápsulas de Petri.
- 2** Coloquen en una de las cápsulas (N° 1) un clavo de hierro y otro galvanizado sin que se topen.
- 3** Con el alicate, doblen un clavo de hierro y pónganlo en otra cápsula (N° 2).
- 4** Con el martillo, golpeen un clavo de hierro y colóquenlo en la tercera cápsula de Petri (N° 3).
- 5** Enrollen el alambre de cobre en torno a un clavo de hierro y pónganlo en la cuarta cápsula (N° 4).
- 6** Sujeten la cinta de magnesio con el alambre de cobre, enróllenla en torno a un clavo de hierro y ubíquenlo en la quinta cápsula (N° 5). Mantengan las cápsulas de Petri sobre una mesa durante una semana y observen cada día qué ocurre en cada caso.

### Paso 5: Registro de observaciones

No olviden este paso durante su trabajo experimental.

<sup>1</sup> Para preparar el gel se utilizan las siguientes proporciones: 15 g de agar-agar por cada litro de agua o 32 g de jalea por cada 100 mL de agua hervida.



**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Para ordenar la información obtenida, completen la siguiente tabla.

Cápsula	Apariencia del clavo	Apariencia de la mezcla
N° 1		
N° 2		
N° 3		
N° 4		
N° 5		

**Paso 7: Análisis de datos**

- 1 Respondan preguntas de exploración y realicen la contrastación de la hipótesis formulada.
- 2 De acuerdo a los resultados obtenidos, planteen las ecuaciones que representan a las reacciones redox que tuvieron lugar en cada cápsula.
- 3 ¿Por qué creen que el gel cambia de coloración?
- 4 ¿Qué rol desempeña el magnesio en el tratamiento de los clavos? Averigüen qué es un **ánodo de sacrificio**.
- 5 ¿Cuándo un clavo ha sido sometido a una tensión? ¿Dónde se produce corrosión?
- 6 Interpreten los resultados obtenidos para el clavo galvanizado.
- 7 Investiguen sobre las aleaciones que son resistentes a la corrosión.
- 8 ¿Cuál es el rol de los antioxidos? ¿Cuáles son los principios químicos que rigen su accionar?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Concluyan. ¿Qué es la corrosión? ¿Qué han aprendido en esta actividad?

Para comunicar los resultados les sugerimos elaborar un informe de laboratorio.

Para comunicar los resultados elaboren un panel informativo.

**Paso 9: Evaluación del trabajo**

Marca la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo efectuado.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Puedo expresar, usando un vocabulario científico, qué es la corrosión			

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Ten precaución al manipular los clavos expuestos a las distintas sustancias señaladas. No los tomes con las manos; recuerda emplear el alicate para su traslado de un recipiente a otro.

Limpian y ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Recuerden entregar las disoluciones trabajadas al docente a cargo para su posterior eliminación



## 7. Corrosión

Observa las siguientes imágenes:

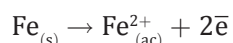


- ¿Qué le ha ocurrido a estos objetos?
- ¿Las condiciones en las que se encuentran, es debido a un proceso natural o provocado? ¿Qué crees?
- Intenta explicar químicamente, que ocurre con algunos metales, cuando se exponen a la humedad.

Las reacciones de **corrosión** son reacciones redox espontáneas en las que un metal es atacado por alguna sustancia del ambiente y convertido en un compuesto no deseado, provocando daño a las estructuras que los contienen, desde estatuas, barcos, casas, galpones, rejas, envases de alimentos, por nombrar algunos.

El ejemplo clásico de corrosión es la formación de óxido en el hierro. Para que el hierro se oxide es necesario que estén presentes el agua y el oxígeno gaseoso.

Una región de la superficie del metal funciona como ánodo, donde ocurre la oxidación:



Los electrones liberados por el hierro reducen el oxígeno atmosférico a agua en el cátodo, que es otra región de la misma superficie del metal:



La reacción redox global es:



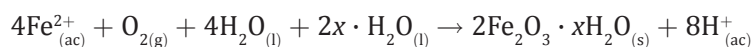
Con los datos de potenciales estándar, se encuentra que la fem para este proceso es:

$$E^{\circ} = E_{red}^{\circ}(\text{proceso de reducción}) - E_{red}^{\circ}(\text{proceso de oxidación})$$

$$E^{\circ} = 1,23 \text{ V} - (-0,44 \text{ V}) = 1,67 \text{ V}$$

Observa que la reacción ocurre en medio ácido; los iones  $\text{H}^{+}$  son aportados en parte por la reacción del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico con el agua para formar ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

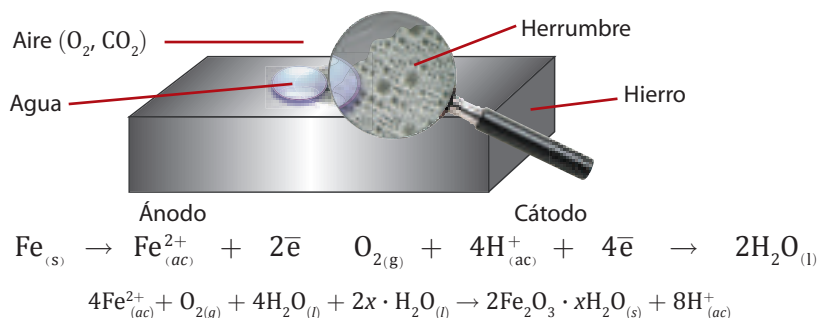
Los iones  $\text{Fe}^{2+}$  formados en el ánodo son después oxidados por el oxígeno:



Esta forma hidratada del óxido de hierro (III) se conoce como **herrumbre**.



La cantidad de agua asociada con el óxido de hierro varía, así es que se representa la fórmula como:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .



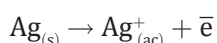
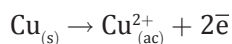
En la figura se muestra el mecanismo de formación de la herrumbre. El circuito eléctrico se completa por la migración de electrones y de iones, razón por la que la herrumbre se produce en forma tan rápida en agua salada.

En climas fríos, las sales ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) esparcidas en los caminos para derretir el hielo y la nieve son la principal causa de formación de óxido en los automóviles.

La corrosión metálica no se limita al hierro; también afecta al aluminio, un metal utilizado para fabricar muchas cosas útiles, incluyendo aviones y latas para bebida. El aluminio tiene una mayor tendencia a oxidarse que el hierro (tiene un  $E^0$  de reducción más negativo que el del hierro). Basándose solo en este hecho, se esperaría ver que los aviones se corroerían lentamente durante las tormentas y que las latas de refresco se transformarían en aluminio corroído.

Estos procesos no se llevan a cabo a causa de la capa insoluble de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) que se forma en la superficie cuando el metal se expone al aire, y que sirve para proteger al aluminio de la corrosión. En cambio, el óxido que se forma en la superficie del hierro es demasiado poroso para proteger al metal.

Los metales de acuñar, como el cobre y la plata, también sufren el proceso de corrosión, pero mucho más lento:



A presión atmosférica normal, el Cu forma una capa de carbonato de cobre (II), sustancia verde llamada pátina, que protege al metal de una corrosión posterior. De la misma manera, los artículos de plata que se ponen en contacto con los alimentos desarrollan una capa de sulfuro de plata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ).

Se han desarrollado numerosos métodos para proteger a los metales de la corrosión. La mayoría de estos tienen como objetivo prevenir la

### SABÍAS QUE

El acero inoxidable también se oxida. Aunque, eso sí, no presenta el aspecto herrumbroso de otros metales o aleaciones. Y esto es debido a la presencia del cromo contenido en la aleación, en una proporción de al menos el 11%.

Aunque en sus primeros años de existencia el acero inoxidable se destinó a la fabricación de cuberterías, su origen respondía a necesidades distintas. En los albores de la Primera Guerra Mundial se investigaba cómo mejorar una aleación para proteger los cilindros de los cañones y de las pequeñas armas de fuego del desgaste por el calor y la corrosión.



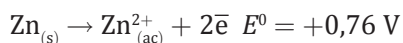


formación de óxido. El recurso más obvio consiste en cubrir la superficie del metal con pintura. Sin embargo, si la pintura sufre algún daño y se expone aunque sea una pequeña porción del metal, el óxido se formará bajo la capa de pintura. La superficie de hierro metálico puede inactivarse por un proceso llamado pasivación. Se forma una capa delgada de óxido cuando se trata al metal con un agente oxidante fuerte como el  $\text{HNO}_3$  concentrado.

La tendencia del hierro a oxidarse disminuye notablemente al aliarse con determinados metales. Por ejemplo, cuando se hace la aleación de hierro, cromo y níquel para formar el acero inoxidable, la capa de óxido de cromo que se forma protege al hierro de la corrosión. Un recipiente de hierro puede cubrirse con una capa de otro metal como el estaño o el cinc. Una lata de estaño se fabrica aplicando una capa delgada de estaño sobre hierro. Se previene la formación de óxido en tanto que la capa de estaño permanezca intacta. Sin embargo, una vez que la superficie ha sido dañada, el óxido aparece rápidamente. Si se ven los  $E^0$  de reducción, se encuentra que el hierro actúa como ánodo y el estaño como cátodo en el proceso de corrosión.



El proceso de protección es diferente para el recubrimiento con cinc o galvanizado de hierro. El cinc se oxida en forma más fácil que el hierro.



Luego, aunque la capa sea dañada y el hierro quede expuesto, el cinc es atacado primero. En este caso, el cinc metálico sirve como ánodo y el hierro como cátodo.

La protección catódica es un proceso en el que el metal que va a ser protegido de la corrosión se convierte en el cátodo de una celda electroquímica.

La corrosión de los metales es considerado uno de los grandes problemas en la actualidad, que provoca daños en nuestro entorno y grandes pérdidas económicas. Por ejemplo, la rotura de los tubos de escape y silenciadores de los automotores; las roturas de tanques o tuberías que conducen el agua; el deterioro de puentes o estructuras fabricadas de metales; el daño de las torres de transmisión eléctrica y el colapso de las mismas, entre muchas otras.

- ¿Qué otros daños has podido visualizar en tu entorno, producto de la corrosión?



En el sitio <http://www.ing.unlp.edu.ar/quimica/corrosion.htm>

encontrarás información sobre algunos procesos de corrosión que ocurren en la vida diaria.



**DESAFÍO****Habilidades a desarrollar:**

- Investigar
- Analizar
- Aplicar
- Calcular
- Interpretar

Observa atentamente las imágenes que se proponen a continuación. Las reconoces con facilidad, ¿cierto? En la actualidad, muchos de los alimentos que consumimos se encuentran envasados en recipientes de "lata" o "enlatados". Latas cuyo origen son metales que suelen experimentar corrosión por la acción de condiciones como la humedad, la presencia de oxígeno ambiental, de ácidos, entre tantas otras.

A diferencia de las anteriores actividades, te proponemos que seas tú y un grupo de trabajo quienes investiguen acerca del tema propuesto y respondan la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cómo se evita que las latas que contienen alimentos y/o bebidas experimenten procesos de corrosión?**

A fin de focalizar el estudio, deberán escoger un producto específico.

A continuación, les presentamos algunas sugerencias para responder el problema planteado como pregunta.

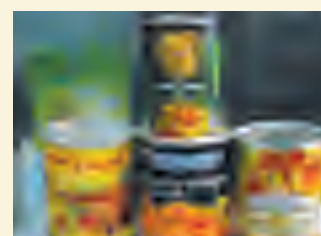
**1** Para resolver la pregunta de investigación deben acotarla y comprenderla a cabalidad. **¿Cómo se evita que las latas que contienen alimentos y/o bebidas experimenten procesos de corrosión?**

- a. ¿Cuál es la finalidad de la pregunta?
- b. ¿Entre qué variables establecen una relación?
- c. ¿Es posible acotar aún más la pregunta formulada empleando un producto específico? ¿Cuál será la pregunta que guiará el proceso de investigación?
- d. ¿Qué posible respuesta (hipótesis) enuncian para la pregunta planteada?

**2** Una vez formulada la pregunta de investigación, es necesario determinar si existe información disponible en textos u otros medios como revistas de investigación, publicaciones científicas, industria, etc., que hagan referencia al fenómeno que estudian.

Deben desarrollar una investigación documental, es decir, basándose en citas textuales y estudios ya realizados.

En esta ocasión, deberán exponer oralmente su investigación y los resultados obtenidos.

**Y para terminar...**

Ahora que has terminado de estudiar la unidad de "Reacciones de Transferencia", te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha sido lo más significativo que has aprendido de la unidad?
- Con los conocimientos adquiridos, ¿qué nuevas respuestas puedes dar, a las preguntas planteadas al inicio de la unidad?, ¿las recuerdas? Coméntalas nuevamente con tu profesor y compañeros.



# Electroquímica y la minería: Electrorrefinación del cobre en Chile

El cobre es un metal de color rojizo, de densidad  $8,92 \text{ g/cm}^3$ , que se funde a los  $1083 \text{ °C}$  y ebulle a  $2310 \text{ °C}$ . Otras propiedades que lo hacen un mineral de demanda mundial y que permiten a Chile mantener una economía estable son: resistencia a las inclemencias del tiempo y a la corrosión, gracias a lo cual los productos fabricados a base de cobre tienen una vida útil muy larga, pues conservan sus características originales con el paso del tiempo y los efectos del medio ambiente; ductilidad y maleabilidad, que le otorgan una gran resistencia mecánica y le permiten soportar los esfuerzos del proceso de doblado y la manipulación de los obreros; es un excelente conductor de electricidad, alta conductividad eléctrica (el mejor después de la plata) y capacidad de transmisión de voz y datos, y es un extraordinario conductor térmico, que permite que el calor se distribuya uniformemente a lo largo de su superficie. Ahora bien, todas estas características pertenecen al cobre 100 % puro. Precisamente en este punto está el gran desafío de la Gran Minería: ¿cómo obtener cobre de alta pureza a partir de rocas de compuestos químicos que entre sus componentes contienen cobre?

El proceso se inicia con la **extracción** del mineral desde el yacimiento. Para ello es necesario perforar, tronar, cargar y transportar, como muestra la siguiente secuencia fotográfica de una mina a cielo abierto:

(1)



Se hacen perforaciones, en las que posteriormente se coloca el explosivo para realizar las tronaduras.

(2)



Se procede con la tronadura.

(3)



El material "suelto" se carga en camiones, gracias a la acción de palas eléctricas de grandes tamaños y capacidades.

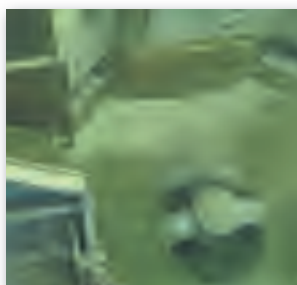
(4)



Los camiones transportan el mineral para iniciar el chancado y la molienda.

Con el objetivo de liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentran en forma de sulfuros en las rocas mineralizadas, y continuar su proceso de purificación, se procede al chancado y molienda.

Durante el **chancado** se reduce y uniforma el tamaño de estas partículas a  $1,2 \text{ cm}$ , aproximadamente. Después, el mineral es sometido a **molienda** gracias a la cual el tamaño de las partículas alcanzará un diámetro de  $0,18 \text{ mm}$ , medida que permite la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales. El proceso termina cuando al material mineralizado se le agrega agua en cantidades suficientes para formar un fluido lechoso y los reactivos necesarios para realizar el paso siguiente, denominado **flotación**.



Proceso de chancado



Proceso de molienda

Hasta aquí el proceso es común para todos los minerales de cobre; no obstante, de aquí en adelante los procedimientos empleados variarán según se trate de minerales oxidados, como la cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), o sulfurados, como la calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) o la bornita ( $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$ ).

Los **minerales sulfurados**, después de la molienda, son sometidos a **flotación**, proceso físico-químico que permite la separación de los minerales sulfurados de cobre y otros elementos, como el molibdeno, del resto de los minerales que componen la mayor parte de la roca original en una celda de flotación.

Consiste básicamente en mezclar la pulpa obtenida en la etapa anterior con sustancias químicas espumantes que producen burbujas de aire; éstas atrapan las partículas de cobre y las llevan a la superficie para separarlas de las impurezas.

Luego de varios ciclos en que las burbujas rebasan el borde de las celdas, se obtiene el concentrado, en el que el contenido de cobre ha sido aumentado desde  $1 \%$  en la muestra total a  $31 \%$ .

Posteriormente se retira el exceso de agua del concentrado mediante un proceso de **filtración y secado**, y se envía a la fundición.



El concentrado de cobre seco, con una concentración del 31 %, se somete a procesos de **fundición** en hornos a grandes temperaturas, mediante los cuales el cobre del concentrado es transformado en cobre blíster metálico con un 99,5 % de pureza gracias a la separación de otros minerales, como hierro (Fe), azufre (S), sílice (Si).



Fundición

Finalmente, el cobre blíster con 99,5 % de pureza es sometido a un proceso de **piro-refinación o refinación a fuego**, que consiste básicamente en eliminar el porcentaje de oxígeno presente en este tipo de cobre, llegando a concentraciones de 99,7 % de cobre RAF (refinado a fuego).

El cobre RAF es moldeado en placas gruesas de 225 kg de masa, el que es enviado a procesos de **electro-refinación** o vendido en forma directa.



Imagen de piro-refinación

La **electrorrefinación** es un proceso tecnológico subdividido en dos etapas: electrólisis y cosecha de cátodos.

El proceso se lleva a cabo en una celda electrolítica (similar a una piscina), donde se colocan en forma alternada 30 ánodos (planchas de cobre RAF) y 31 cátodos (planchas muy delgadas de cobre puro), como muestra la fotografía siguiente:



Gracias a este proceso de refinación por corriente eléctrica se obtiene un mineral con un 99,99 % de pureza.

La electrólisis consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por una solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y agua ( $H_2O$ ). El ión sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) de la solución comienza a atacar al ánodo de cobre, formando una solución de sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ) denominada **electrolito**. Al aplicar una corriente eléctrica, los componentes de la solución se cargan eléctricamente, produciéndose una disociación iónica en la que el anión sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) es atraído por el ánodo (polo +) y el catión ( $Cu^{2+}$ ) es atraído por el cátodo (polo -). El anión  $SO_4^{2-}$  ataca al ánodo, formando sulfato de cobre, el que se ioniza en la solución por efecto de la corriente eléctrica, liberando cobre como catión que migra al cátodo y se deposita en él. El ión sulfato liberado migra al ánodo y vuelve a formar sulfato de cobre que va a la solución, iniciando nuevamente la reacción.

Fuente: [www.codelcoeduca.cl](http://www.codelcoeduca.cl)

### Preguntas para la reflexión

- 1 Investiga. ¿Cuáles son las empresas productoras de cobre más importantes en nuestro país? ¿Cuáles son los volúmenes de producción anual de cada una de estas empresas?
- 2 Realiza junto a tus compañeros y compañeras un diagrama que sintetice las etapas de producción del cobre.
- 3 Investiga. ¿Cuáles son las principales aplicaciones (a lo menos cuatro) que tiene el cobre tanto a nivel mundial como nacional?

### Habilidades que se desarrollarán:

- Investigación
- Síntesis
- Análisis

## Revisemos lo aprendido: Tema 2

Individualmente, desarrolla las siguientes actividades en tu cuaderno. Recuerda consultar tus dudas con tu profesor o profesora. Terminada la actividad, compara tus resultados con los de tus compañeros y compañeras.

### I. Selección única

Selecciona la alternativa que responde correctamente a los planteamientos formulados.

1 El N.O. que presenta el átomo de Cr en el compuesto  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  es de:

- a. +6
- b. +8
- c. -7
- d. -4
- e. -12

2 En la siguiente ecuación redox, es cierto que:  $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- + \text{O}_2$

- a. El Mn se reduce
- b. El Mn actúa como oxidante
- c. El Mn pasa de un estado de oxidación +7 a uno de +4
- d. El Mn gana tres electrones
- e. Todas las anteriores son correctas

3 Indica qué reacciones corresponden a procesos de oxidación.

- I.  $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \bar{e}$
- II.  $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}$
- III.  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \bar{e}$
- IV.  $\text{Cl}_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Cl}^-$

- a. Solo I
- b. Solo II
- c. Solo IV
- d. I y III
- e. II y IV

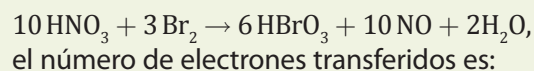
4 En la serie de compuestos, el Mn tiene su N.O. más alto en:

- a.  $\text{MnCl}_4$
- b.  $\text{MnO}_2$
- c.  $\text{MnCl}_2$
- d.  $\text{KMnO}_4$

5 En la electrólisis del  $\text{CaF}_2$ , el gas flúor se recoge en el:

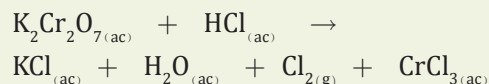
- a. cátodo.
- b. ánodo.
- c. anión.
- d. catión.
- e. acumulador.

6 En la reacción:



- a. 3
- b. 5
- c. 10
- d. 15
- e. 30

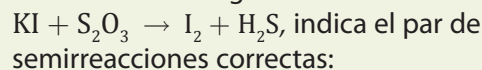
7 Dada la siguiente ecuación general:



¿Cuál de los postulados siguientes es correcto?

- I. El dicromato de potasio es el agente reductor.
  - II. El ácido clorhídrico es el agente oxidante.
  - III. El dicromato de potasio es el agente reductor.
  - IV. El elemento Cr aumenta su N.O.
  - V. El elemento Cr disminuye su N.O.
- a. I, II, IV y VI
  - b. I, II, V y VII
  - c. III, IV, V y VI
  - d. III, IV y VI
  - e. Solo III y VI

8 Dada la ecuación general



- a.  $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\bar{e}$   
 $\text{S}^{6+} + 8\bar{e} \rightarrow \text{S}^{2-}$
- b.  $2\text{I}^- + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{I}$   
 $\text{S}^{6+} \rightarrow \text{S}^{2-} + 8\bar{e}$
- c.  $\text{I}^- \rightarrow \text{I} + 2\bar{e}$   
 $\text{S}^{6+} + 8\bar{e} \rightarrow \text{S}^{2-}$
- d.  $\text{I}^- + 2\bar{e} \rightarrow \text{I}$   
 $\text{S}^{6+} \rightarrow \text{S}^{2-} + 8\bar{e}$
- e.  $\text{I}^- \rightarrow \text{I} + 2\bar{e}$   
 $\text{S}^{6+} + 8\bar{e} \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{S}^{6+}$





9 ¿Cuándo se puede saber si una ecuación representa una reacción redox?

- I. Los coeficientes de ella no guardan una relación sencilla entre sí.
- II. Se puede descomponer en ecuaciones parciales más sencillas.
- III. Se observa una variación en el N.O. de los átomos y/o iones.
- IV. Aparece agua en ella o en el segundo miembro de la reacción.
  - a. Solo I
  - b. Solo III
  - c. I y II
  - d. I y III
  - e. III y IV

10 ¿Al equilibrar la reacción de oxidación  $\text{Br}_2 \rightarrow \text{BrO}_2^-$  en ambiente ácido por el método del ion-electrón, se debe agregar:

- I. 6 moléculas de agua en los reactantes
- II. 12 iones  $\text{H}^+$  en los productos
- III. 5 electrones en el primer miembro
- IV. 10 electrones en los productos
  - a. I y II
  - b. I y III
  - c. I, II y IV
  - d. I, II y III
  - e. Todas las anteriores

11 ¿Si se tienen dos semirreacciones cuyos potenciales normales de reducción son

- I.  $\text{Br}_2 / \text{Br}^- \quad E^0 = 1,06 \text{ V}$
- II.  $\text{Ag}^+ / \text{Ag} \quad E^0 = 0,79 \text{ V}$

para que la reacción resultante sea espontánea, debería tenerse:

- a. la semirreacción I. tal como está descrita
- b. la semirreacción I. y la semirreacción II. invertidas
- c. la semirreacción I. tal como está descrita y la semirreacción II. invertida
- d. la semirreacción I. invertida y la semirreacción II. tal como está descrita
- e. esta reacción no puede ser espontánea

12 ¿Cuál será el  $E$  de una celda constituida por las semiceldas  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$  y  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  a  $25^\circ\text{C}$  si  $[\text{Zn}^{2+}] = 0,25 \text{ M}$  y  $[\text{Cu}^{2+}] = 0,15 \text{ M}$ ?

- a. 1,09 V
- b. 0,63 V
- c. -0,42 V
- d. 0,42 V
- e. -1,09 V

## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los aprendizajes para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda:

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por Lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

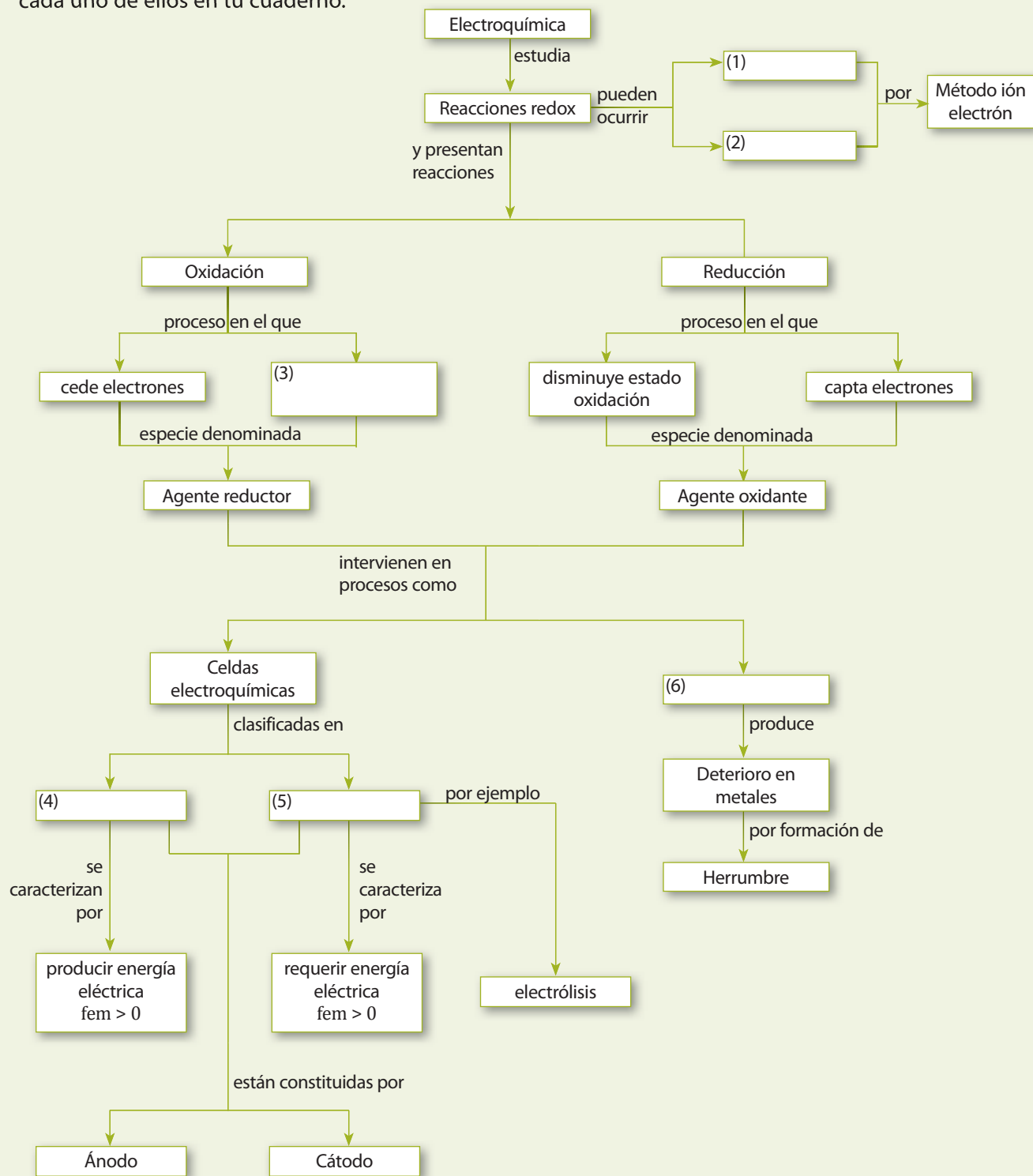
Indicadores	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Conozco los estados de oxidación de diferentes elementos.			
Actúo responsablemente en el trabajo de equipo y soy respetuoso(a) con mi profesor (a).			
Reconozco en los estados de cada elemento, con signo que indica la ganancia o pérdida de electrones.			
Utilizo el conocimiento y la información para conocer y comprender la realidad.			
Entiendo que toda reacción química y su representación simbólica (ecuación química) cumplen con la ley de la conservación de la materia.			
Realizo procesos de investigación, recopilando información de diferentes fuentes.			
Comprendo el comportamiento de las pilas electroquímicas.			
Reconozco en la formación de pilas galvánicas y electrolíticas las reacciones de oxidación y reducción y sus respectivos electrodos.			
Comprendo la importancia de las reacciones redox en la vida cotidiana.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L**. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# Síntesis de Tema 2

En el siguiente esquema se presentan los conceptos claves estudiados en los Temas 1 y 2. Te invitamos a que completes cada rectángulo en blanco con el concepto apropiado y desarrolles la definición para cada uno de ellos en tu cuaderno.



## Camino a...

FECHA: / /

NOMBRE:.....

- Para que un proceso sea considerado redox, necesariamente debe ocurrir que en su transcurso:
  - se formen enlaces covalentes.
  - participen iones.
  - haya entrega y aceptación de electrones.
  - participe el oxígeno.
  - participe el hidrógeno.
- La ecuación equilibrada de la reacción  $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$  es:
  - $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{CrO}_4^{2-} + 6\text{e}^- + 5\text{H}^+$
  - $2\text{Cr}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{CrO}_4^{2-} + 6\text{e}^- + 16\text{H}^+$
  - $\text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{CrO}_4^{2-} + 3\text{e}^- + 8\text{H}^+$
  - $\text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- + 8\text{H}^+ = \text{CrO}_4^{2-}$
  - $\text{Cr}^{3+} = \text{CrO}_4^{2-} + 3\text{e}^- + 8\text{H}^+$
- Para la dismutación  $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}_3^-$  a pH = 12, es correcto afirmar que:
  - se obtienen cinco moles de ión clorato.
  - el cloro molecular reacciona con tres moles de agua.
  - por cada seis moles de ión hidroxilo reaccionan tres moles de  $\text{Cl}_2$ .
  - todas las anteriores son correctas.
  - las alternativas **a.** y **b.** son correctas.
- Para la redox:  $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , el número de electrones transferidos es igual a:
  - 2
  - 4
  - 8
  - 16
  - 24
- Para la celda galvánica formada por un electrodo de cobre y otro de plomo es posible afirmar que:
  - el cátodo es el Pb.
  - el potencial de la celda es 0,47 V (aprox).
  - el cátodo es el Cu.
  - el ánodo es el Pb.
  - I y II
  - II y III
  - I, II y IV
  - I, III y IV
  - II, III y IV
- Se procede a diseñar una pila a base de electrodos de cadmio y plata y sus respectivas disoluciones. ¿Cuál(es) de las siguientes afirmaciones es(son) correcta(s)?
  - El  $E^0$  de la pila es de 1,20 V.
  - El ánodo es el electrodo de cadmio.
  - La concentración de la plata disminuye en el tiempo.
  - Solo II
  - I y II
  - I y III
  - II y III
  - I, II y III
- Considera una celda galvánica que consta de un electrodo de Mg en contacto con nitrato de magnesio y uno de Cd en contacto con solución 1 M de su respectivo nitrato. El  $E^0$  de la celda es:
  - 0,35 V
  - 1,97 V
  - 1,97 V
  - 0,35 V
  - 0,22 V
- Para la reacción:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HI} + \text{HClO}_4 \rightarrow \text{Cr}(\text{ClO}_4)_3 + 2\text{KClO}_4 + \text{I}_2$ , que ocurre en medio ácido, el total de agua producida es equivalente al siguiente número de moles:
  - 1
  - 3
  - 5
  - 7
  - 9
- Una reacción espontánea es:
  - $\text{Hg} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Hg}_2^{2+} + \text{H}_2$
  - $\text{NO} + \text{Hg} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+} + \text{NO}_3^-$
  - $\text{Sn}_{(\text{ac})}^{2+} + \text{Cu}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Cr}_{(\text{s})} + \text{Cu}_{(\text{ac})}^{2+}$
  - Todas las anteriores.
  - Ninguna de las anteriores.
- Deduces razonadamente y escribe la ecuación ajustada: "Es factible que el hierro en su estado elemental pueda ser oxidado a Fe(II) con  $\text{MoO}_4^{2-}$ ".
 

Datos:  $E^0(\text{MoO}_4^{2-}/\text{Mo}^{3+}) = 0,51\text{ V}$ ;  
 $E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}) = 0,96\text{ V}$ ;  
 $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77\text{ V}$ ;  
 $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0) = -0,44\text{ V}$ .

  - Sí, es posible oxidarlo.
  - No es posible oxidarlo bajo ninguna condición.
  - Sí, es factible oxidarlo considerando un cambio en las condiciones estándar.
  - No ocurre redox.
  - Solo es posible reducirlo.



# UNIDAD 4

## POLÍMEROS



### Introducción

Generalmente se asocia la palabra “polímero” a los plásticos, por ejemplo una bolsa. Pero existen otros materiales que son polímeros, con características muy diferentes a una bolsa. Esos materiales se clasifican como Polímeros Sintéticos.

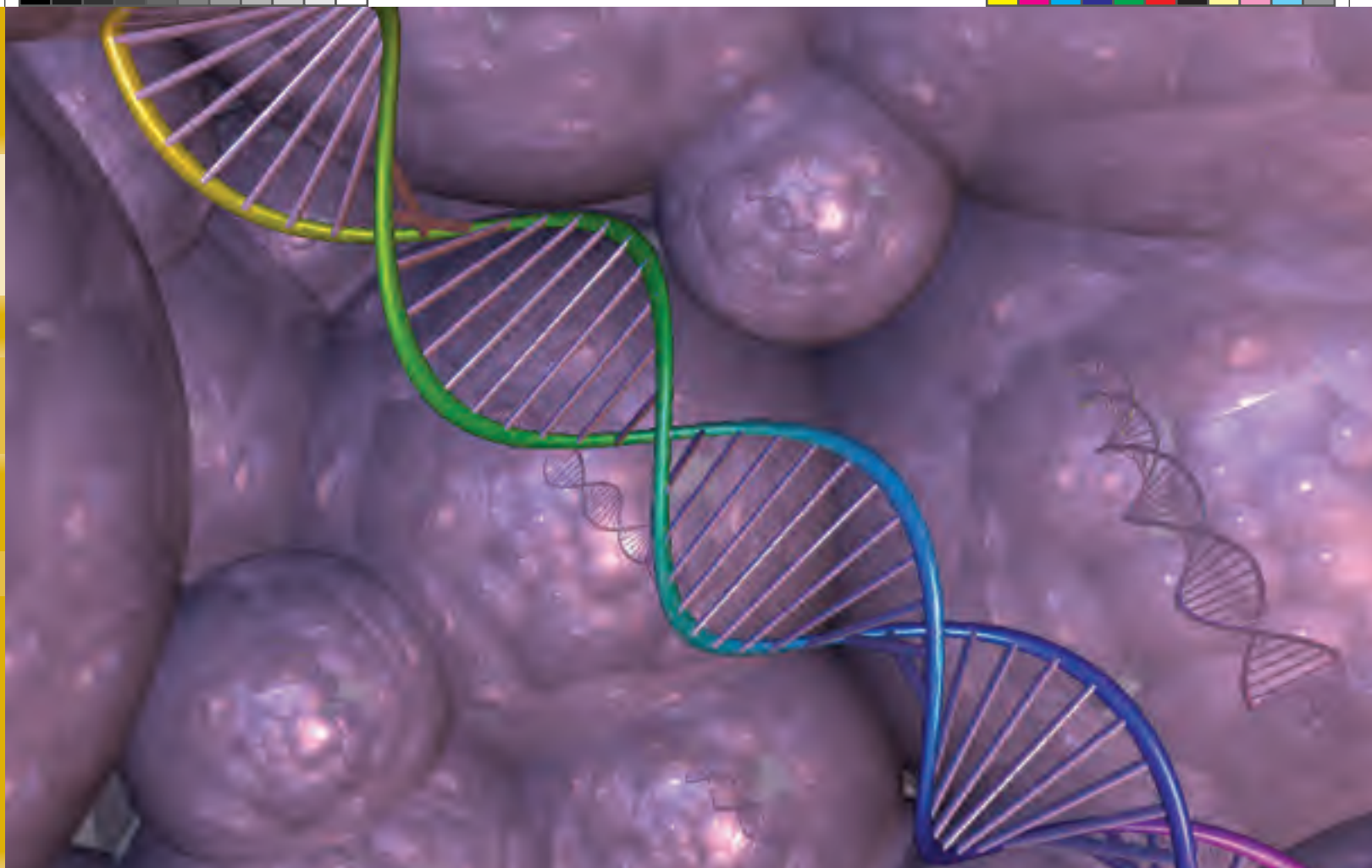
Existen otros tipos de moléculas denominadas Polímeros Naturales, de valor incalculable por su rol biológico, en nuestro cuerpo y presentes en una gran variedad de sustancias.

En esta unidad centraremos nuestro estudio en las macromoléculas que han sido creadas por el hombre y las que son de origen natural.

### Discutamos el tema

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Has escuchado nombres como polietileno, poliuretano, teflón, poliéster, etc?, ¿qué relación harías entre estos conceptos y tus ideas previas sobre los polímeros?
- ¿Por qué crees que el uso de los plásticos se ha hecho tan habitual, hoy en día?, ¿qué cualidades tienen?
- ¿Has escuchado el término “Biomoléculas”?, ¿con qué lo relacionas?
- ¿Qué relación puedes establecer, entre cada una de las imágenes presentadas y tus ideas previas sobre los Polímeros?
- Crees que la alta producción y mala eliminación de los polímeros, afecta a nuestro medio ambiente? Explica



### *Al finalizar esta unidad serás capaz de:*

- Reconocer las estructuras de polímeros naturales y artificiales y las unidades que intervienen en su formación.
- Describir los mecanismos de formación de polímeros naturales y artificiales, apoyándose en los conceptos y los modelos teóricos del nivel.
- Comprender los fundamentos y leyes básicas, que explican las reacciones de polimerización y despolimerización.
- Analizar y evaluar el impacto en la sociedad, por la utilización de materiales poliméricos, que utilizamos en nuestro diario vivir.
- Evaluar el impacto ambiental, en la producción y aplicación de los polímeros artificiales, basándose en los conocimientos científicos.
- Comprender el rol biológico de los polímeros naturales.
- Valorar el trabajo de científicos y el avance de la química a nivel industrial, en la fabricación de diversos materiales.
- Investigar, organizar, interpretar y analizar información extraída de diferentes fuentes, apoyándose en los conceptos en estudio.

#### **¿Para qué?**

- Identificar las ventajas y desventajas de la fabricación y utilización de los polímeros artificiales.
- Conocer el daño que puede producir en nuestro medio ambiente, el mal manejo de los desechos plásticos.
- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto del desarrollo humano.



# TEMA 1

## Introducción y Polímeros Sintéticos

### En este tema estudiarás:

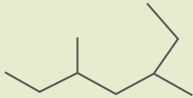
- Polímeros; características y clasificación.
- Polímeros sintéticos
- Aplicaciones de los polímeros sintéticos.

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

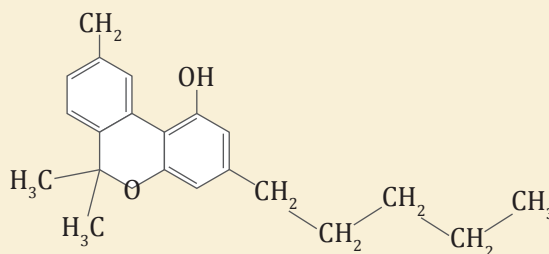
- Propiedades del carbono.
- Estructura y composición de compuestos orgánicos.

### Y para comenzar...

1. Una de las propiedades del carbono más importante es su tetravalencia:
  - a. ¿Qué significa que el carbono sea tetravalente?
  - b. ¿Cuál es la importancia de esa propiedad?
2. Observa atentamente los siguientes compuestos y responde:

A	
B	$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_2 = \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH}_2 - & \text{CH} = & \text{CH} - & \text{CH}_3 \\ &   & & & & \\ & \text{CH}_2 - & \text{CH}_2 - & \text{CH}_3 & & \end{array}$
C	$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3 - & \text{C} \equiv & \text{C} - & \text{CH} - & \text{CH}_2 - & \text{CH}_3 \\ & & &   & & \\ & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$

- a. ¿Cuántos carbonos constituyen cada uno de los compuestos y qué tipo de sustituyentes presentan?
  - b. ¿Qué diferencias y semejanzas observas entre los tres compuestos?
  - c. ¿Qué tipo de hidrocarburo es cada uno de los compuestos?
  - d. ¿Cuál es el nombre de cada compuesto?
3. Observa la siguiente molécula, e indica los grupos funcionales que presenta:



Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Reconozco las propiedades del carbono?			
¿Nombro compuestos según las reglas de nomenclatura IUPAC?			
¿Conozco e identifico grupos funcionales en una molécula?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.

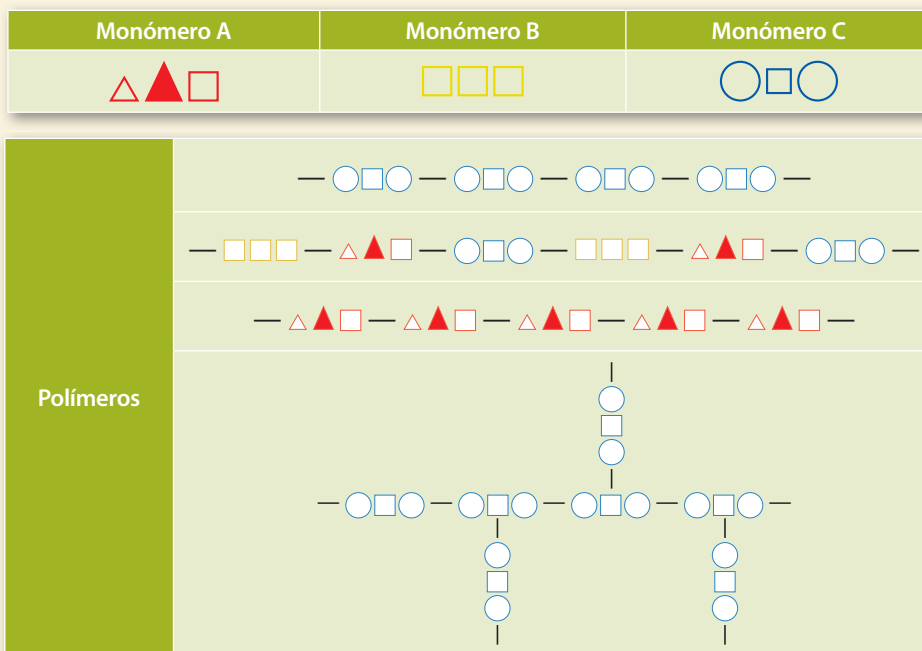
## Polímeros en construcción

### Introducción

Los **polímeros** (del griego polumeres = muchas partes) sintéticos se pueden clasificar, dependiendo de la forma en que se unen los monómeros, en lineales y ramificados. También, según el tipo de monómeros que los conforman, se dividen en homopolímeros y copolímeros. Así, según la estructura y clasificación, se pueden encontrar una diversidad de materiales de uso directo y/o materias primas indispensables en la actualidad.

### Paso 1: La exploración

Observen en grupo las siguientes imágenes:



### Paso 2: Preguntas de exploración

A partir de las imágenes presentadas anteriormente y de la investigación bibliográfica realizada, se plantean las siguientes preguntas de exploración: ¿qué estructura corresponde a un polímero lineal y a uno ramificado?, ¿cuál es la diferencia entre un homopolímero y un copolímero?, ¿según el tipo de monómero que lo conforman, como se clasifican los copolímeros?, considerando los monómeros presentados en el paso 1, ¿qué combinaciones de los monómeros A, B y/o C te permitirían obtener las diferentes estructuras de copolímeros?

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Respondan las preguntas de exploración y de acuerdo a la investigación realizada, formulen las hipótesis y dibujen los modelos de polímeros en la hoja de block.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 Utilizando las plasticinas de colores y los mondadientes, elaboren los modelos de polímeros dibujados en la hoja de block.
- 2 Una vez elaborados, póngalos ordenadamente sobre el mesón de trabajo, enumerándolos.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Elaborar
- Clasificar
- Evaluar

### Materiales

- Una hoja de block
- Lápices de colores
- Plasticina de colores
- Palillos mondadientes

### Estudiaremos

- Clasificación y estructura de los polímeros.

**AUTOCUIDADO Y  
MEDIO AMBIENTE**

Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad y dejen limpio su lugar de trabajo. Depositen los desechos de los materiales en los basureros dispuestos en la sala.

**3** En un registro que mantendrá el grupo, clasifiquen cada uno de los modelos que han construido, identificando el número y tipo de monómeros que los constituyen.

**4** Inviten a los estudiantes de otros grupos a observar su trabajo y a clasificar cada uno de los modelos que han construidos, dejando registrada la clasificación de los otros grupos en una hoja.

**5** Ustedes realicen la misma actividad con los polímeros construidos por otro equipo de trabajo. Consideren visitar al menos a dos equipos.

**Paso 5: Registro de observaciones**

Registren sus observaciones respecto al trabajo realizado. Los criterios que han empleado para clasificar cada polímero construido, los propios y los de sus compañeros.

**Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Para registrar la clasificación realizada por ustedes y por los otros grupos, les invitamos a diseñar una tabla que incluya sus observaciones.

**Paso 7: Análisis de datos**

**1** ¿Cómo evalúan su hipótesis experimental, teniendo presente la clasificación que han hecho ustedes y otros estudiantes de los polímeros que han construido?

**2** ¿Cuál es la clasificación que se hace para los copolímeros?

**3** Según la estructura, ¿cómo se clasifican los polímeros? ¿qué otras estructuras puedes proponer bajo esa misma clasificación y cómo las denominarías? ¿según la clasificación anterior, en cual estructura existirá un mayor número de uniones intermoleculares?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Emitan sus conclusiones respecto a los polímeros construidos. Diseñen un panel informativo que permita explicar el trabajo realizado.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado.**

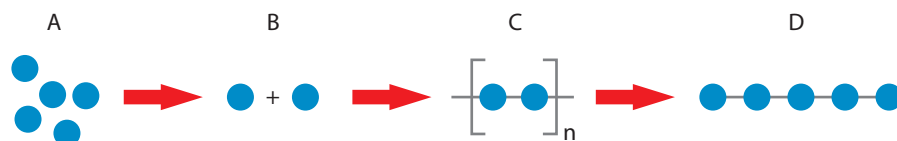
Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor los represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Puedo reconocer la unidad fundamental de un polímero?			
¿Comprendo que los polímeros presentan diferentes estructuras?			
¿Se diferenciar claramente entre un homopolímero y un copolímero?			
¿Actué coordinadamente con mi equipo de trabajo?			
¿Mis compañeros y compañeras actuaron responsablemente?			

# 1. Polímeros

Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Qué observas?
- A partir de lo observado, ¿podrías definir qué es un monómero y un polímero?

## a. Características generales

Los **polímeros** son macromoléculas (grandes moléculas) formadas por unidades pequeñas, denominadas **monómeros**, que se repiten generalmente según un patrón, como muestra la imagen anterior.

Estas macromoléculas están presentes en nuestra vida cotidiana, como por ejemplo, en los envases de plástico, en la clara del huevo, en la celulosa, en los ácidos nucleicos, en el algodón, en las proteínas, en el caucho natural y sintético (vulcanizado), en el poliéster, en el polietileno, etc.

¿Qué diferencia puedes establecer (además de las funcionales o de aplicación) entre los polímeros mencionados en el párrafo anterior?

Podrás notar que se han mencionado “**polímeros naturales**”, que corresponde a aquellos presentes en la naturaleza, entre los cuales se encuentran los “**biopolímeros**” (polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos), los cuales cumplen importantes funciones biológicas. También se han mencionado ejemplos de “**polímeros sintéticos**”, que son macromoléculas elaboradas a través de procesos químicos en laboratorios o en industrias para usos específicos, a partir de diferentes materias primas.

Cada polímero será abordado detenidamente en los temas posteriores que conforman la unidad.

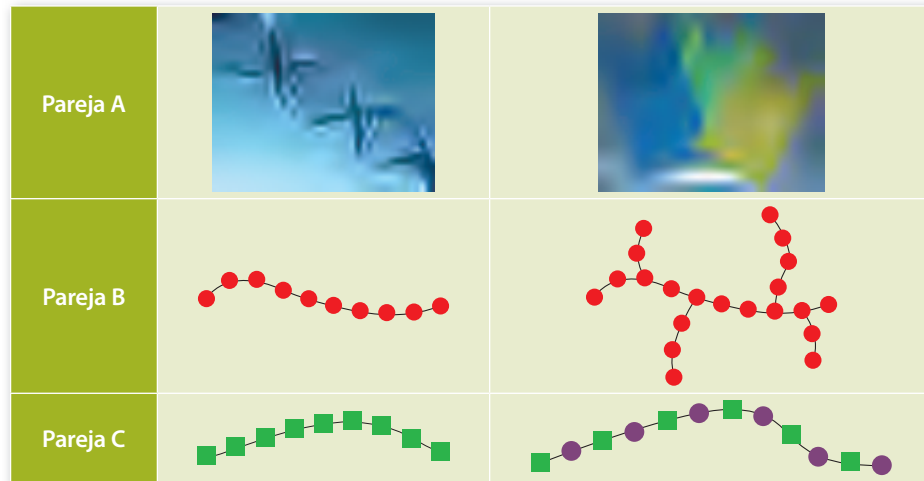
Según la definición de polímeros naturales, biopolímeros y polímeros sintéticos, ¿cómo clasificarías los ejemplos mencionados?

Los polímeros son macromoléculas obtenidas por repetición de moléculas simples llamadas monómeros, mediante una **reacción de polimerización**. La característica principal para que un monómero polimerice es que al menos sea bifuncional, es decir, que la molécula constituida por el monómero contenga dos o más grupos reactivos que permitan realizar la unión y crear la poli molécula.

Las reacciones de polimerización se dividen en dos grandes grupos, las reacciones de **adición** y las de **condensación**.

## b. Clasificación de los polímeros

Observa atentamente las imágenes que hacen referencia a los polímeros, distribuidas en parejas, según criterios de clasificación:



- ¿Cuáles crees que son los criterios de clasificación, para cada una de las parejas (A, B, C)?
- A partir de cada criterio de clasificación, ¿qué distinciones puedes hacer?

Los polímeros se clasifican considerando tres grandes criterios, según su **origen**, la **estructura de su cadena** y la **composición de su cadena**.

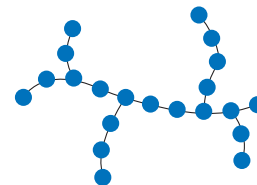
Como se ha definido anteriormente, según el primer criterio (origen), se distingue dos grandes tipos: naturales y sintéticos.

El segundo criterio (estructura de su cadena), hace referencia a la forma en la que se unen los monómeros respectivos, que puede ser **lineal** o **ramificada**, lo que es explícito considerando los puntos o zonas de ataque, que corresponde a la zona donde se produce la polimerización. Dos puntos unidireccionales para los polímeros lineales y tres o más zonas, en dos o más sentidos, para los ramificados.

Polímeros lineales



Polímeros ramificados

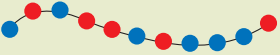


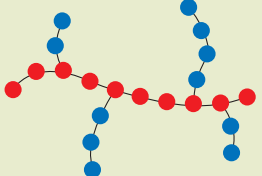


La importancia de la estructura de los polímeros, dice relación con las propiedades que ésta le confiere a la macromolécula, por ejemplo, los polímeros lineales suelen generar materiales moldeables, mientras que los polímeros ramificados, producen materiales rígidos.

Finalmente, el tercer criterio (composición de la cadena), clasifica a los polímeros según los monómeros que los conforman, señalando como **homopolímeros** a aquellas macromoléculas formadas por la repetición de un mismo monómero y **copolímeros**, a las macromoléculas constituidas por dos o más unidades monoméricas.



Los copolímeros pueden formar cuatro combinaciones distintas, como muestra la siguiente tabla resumen:


<p><b>Copolímeros al azar:</b> corresponde a estructuras en las cuales los monómeros se agrupan de forma azarosa, sin un orden o repetición específica.</p>	
<p><b>Copolímeros alternados:</b> corresponde a estructuras en las que los monómeros se alternan al repetirse.</p>	
<p><b>Copolímeros en bloque:</b> corresponden a estructuras en las que los monómeros se agrupan y repiten en bloques. Por ejemplo, tres monómeros de un tipo y dos monómeros de otro, en forma alternada.</p>	
<p><b>Copolímeros injertados:</b> corresponde a una estructura que se obtiene cuando una cadena lineal formada por un monómero presenta ramificaciones de otro monómero.</p>	

En el sitio [http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-vi/Tema19-introduccion\\_polimeros.pdf](http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-vi/Tema19-introduccion_polimeros.pdf) podrás encontrar un texto en PDF, que entrega más información acerca de la clasificación de los polímeros.

1 Clasifica los siguientes polímeros en: polímero sintético, polímero natural, polímero lineal, polímero ramificado, homopolímero y copolímero.

a. 
$$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ | \quad | \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array} + \text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH} \rightarrow \left[ \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{C}_6\text{H}_4 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 \right]_n \text{CH}_2$$
  
Etilenglicol                      Ácido tereftálico                      Polietilentereftalato (PET)

b. Botellas Plásticas

c. 

d. 
$$\text{H}_2\text{C} = \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{Cl} \end{array} \rightarrow - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{CH} \end{array} \left[ \begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \end{array} \right] \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{CH} \end{array} -$$
  
Cloruro de vinilo                      PVC (policloruro de vinilo)

e. Algodón

f. 
$$- \text{CH}_2 - \begin{array}{c} | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \text{CH} - \left[ \text{CH}_2 - \begin{array}{c} | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \text{CH} \right]_n - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \text{CH} -$$

2 Investiga e indica el uso de dos tipos de copolímeros.

## DESAFÍO

Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Deducir
- Clasificar

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Identificar
- Comprender
- Clasificar
- Comunicar
- Evaluar

### Material

- Varilla de vidrio
- Mechero, trípode y rejilla
- Martillo
- Seis tubos de ensayo
- Pipeta de 10 mL
- Pinzas metálicas
- Objetos de plástico en desecho, mencionados en el paso 1: exploración.

### Reactivos

- Acetona
- Agua

## Propiedades de los polímeros

### Estudiaremos

Propiedades de los plásticos.

### Introducción

La actividad que te proponemos a continuación te permitirá identificar algunas propiedades de materiales plásticos. Trabaja en conjunto con un compañero o compañera.

### Paso 1: Exploración

Reúnan los siguientes materiales: botella plástica pequeña, recubrimiento de cables eléctricos, bolsa plástica, tapa de envase plástico, trozo de cañería de PVC y un juguete. Observen y registren las características de los materiales.

### Paso 2: Preguntas de exploración

De acuerdo a lo observado:

- ¿Qué propiedades creen que presentan estos materiales?
- Clasifiquen los materiales considerando: dureza, elongación y resistencia.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Elaboren respuestas a las preguntas de investigación y formulen las hipótesis correspondientes, intentando clasificar cada uno de los materiales que serán empleados.

### Paso 4: Diseño experimental

- 1 Sometan cada uno de los materiales indicados anteriormente a los siguientes ensayos:
  - a. Entre dos compañeros o compañeras, uno de cada extremo, intenten estirar los materiales y observen su comportamiento.
  - b. Aprieten un trozo del material con su puño fuertemente y luego extiendan su mano.
  - c. Coloquen muestras de cada plástico sobre la mesa de trabajo y procedan a golpearlos con el martillo tres veces.
  - d. Calienten la punta de la varilla de vidrio con la ayuda de una pinza. Una vez alcanzada una temperatura alta, acérquenla al material plástico. ¿Cómo se comporta? Inmediatamente lleven el trozo de material al agua fría, que corre directamente de la llave.
  - e. Con la ayuda de una pinza metálica, calienten con cuidado un trozo de material sobre la llama del mechero.
  - f. Coloquen un trozo del material en un tubo de ensayo y agreguen 2 mL de acetona y agiten suavemente.

### Paso 5: Registro de observaciones

Para cada una de las actividades, registren sus observaciones. Recuerden registrar color, comportamiento, entre otros.

### Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos

Para ordenar los datos y registros de observación, completen la siguiente tabla:

Ensayo Material	Dureza	Elongación	Resistencia
Botella			
Recubrimiento cables eléctricos			
Tapa de envase			
Trozo PVC			
Juguete			

**Paso 7: Análisis de datos**

En el análisis de datos es fundamental que observen críticamente lo obtenido durante la experimentación, y no olviden contrastar las hipótesis experimentales.

- 1 Según los datos experimentales, ¿cómo evalúan la hipótesis de trabajo? ¿Se aceptan o rechazan sus hipótesis?
- 2 Completen la siguiente tabla, señalando si las propiedades de cada uno de los materiales analizados es "alta", "baja" o "nula".

Ensayo	Dureza	Elongación	Resistencia
Material			
Botella			
Recubrimiento cables eléctricos			
Tapa de envase			
Trozo PVC			
Juguete			

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Elaboren la conclusión del trabajo experimental asociando las propiedades de los materiales estudiados con su aplicación cotidiana.

Hagan un panel informativo en el que puedan informar a la comunidad escolar las características y aplicaciones de los polímeros.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Evalúen los aprendizajes así como fortalezas y debilidades del trabajo en equipo, respondiendo las siguientes preguntas:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.




Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Conozco diversas aplicaciones de los polímeros y logro asociarlas a sus propiedades.			
Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos.			
Cooperaré activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
He practicado la observación durante el trabajo realizado.			
Actué coordinadamente con mi equipo.			

**AUTOCUIDADO Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajarás con un sistema que permite el calentamiento de sustancias, compuesto por trípode, rejilla y mechero. Recuerda tener mucho cuidado al acercar los diferentes materiales a la llama del mechero. Procede con precaución evitando accidentes. Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad y dejen limpio su lugar de trabajo. Depositen los desechos de los materiales en los basureros dispuestos en la sala.

## 2. Polímeros sintéticos

Observa atentamente las siguientes imágenes:

Imagen A	Imagen B	Imagen C
		
Poliestireno	Cloruro de polivinilo (PVC)	Polietileno
$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\  \diagdown \quad / \\  \text{C} = \text{C} \\  / \quad \diagdown \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{Cl} \\  \diagdown \quad / \\  \text{C} = \text{C} \\  / \quad \diagdown \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\  \diagdown \quad / \\  \text{C} = \text{C} \\  / \quad \diagdown \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $

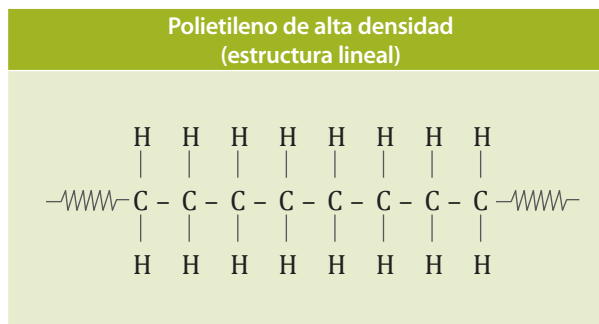
- ¿Podrías explicar que tienen en común?
- ¿Qué relación crees que tiene el compuesto que se dispone en la última fila, con el nombre y la imagen asignada?

Los polímeros sintéticos están formados por monómeros al igual que los polímeros naturales, pero los primeros se obtienen a través de procesos químicos en laboratorios e industrias.

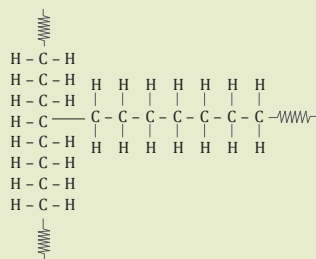
Alcanzan tal importancia, que actualmente nuestra vida es difícil de imaginarla sin ellos, ya que están presentes por ejemplo, en los textiles para vestimenta y cortinaje, en zapatos, en juguetes, en muchos repuestos y partes de automóviles, en materiales para construcción, en el hule, el cuero sintético, en utensilios de cocina, entre muchos otros productos.

### a. Propiedades

Como hemos revisado con anterioridad, al unirse los monómeros para conformar un polímero, pueden dar origen a diferentes estructuras, clasificándose como lineales o ramificados. Ejemplos de ello es el polietileno; uno de estructura lineal denominado “de alta densidad” (PEAD) y otro ramificado llamado “de baja densidad” (PEBD), como muestran las siguientes imágenes:



### Polietileno de baja densidad (estructura ramificada)



Muchas de las propiedades de los polímeros dependen de su estructura, de allí su importancia. Por ejemplo, un material blando y moldeable tiene una estructura lineal con las cadenas unidas mediante fuerzas débiles; un material rígido y frágil tiene una estructura ramificada; un polímero duro y resistente posee cadenas lineales con fuertes interacciones entre las cadenas.

A partir de la información proporcionada, ¿qué tipo de polímero, crees que está presente en la bolsa de plástico que usamos a diario?, y ¿cuál en la carcasa de los computadores?

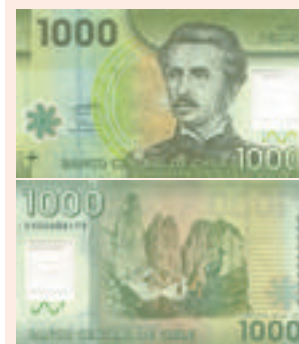
Gracias a su estructura, los polímeros tienen una serie de propiedades que son vitales al momento de decidir el uso que tendrán. Asimismo, existen propiedades generales que permiten y facilitan la masificación de los polímeros y su uso para reemplazar a otros materiales.

Entre las propiedades generales se encuentran:

- Bajo costo de producción.
- Alta relación resistencia mecánica/densidad, lo que permite reemplazar algunos metales en variadas aplicaciones, como en los mecanismos y piezas de automóviles.
- Alta resistencia al ataque químico y, como consecuencia, a la corrosión, lo que permite emplearlo, por ejemplo, en el almacenaje de ácido y bases, reemplazando los envases de vidrio.
- Constante dieléctrica elevada, lo que posibilita que sean utilizados como elementos aislantes térmicos y eléctricos, reemplazando, por ejemplo, a los materiales cerámicos y compitiendo, en el caso de las bajas temperaturas (menos de 200 °C), con los materiales cerámicos por su bajo precio.

### SABÍAS QUE

Los nuevos billetes de nuestro país, de 1000, de 2000 y de 5000 pesos están fabricados de polímeros, ya que así, presentan una mayor durabilidad, considerando que son los billetes de mayor circulación. Los billetes de 10000 y 20000 pesos, siguen siendo de papel de algodón.





### a.1. Propiedades mecánicas.

Según lo observado en el laboratorio “Propiedades de los Polímeros”:

- ¿Cómo definirías las siguientes propiedades, resistencia, dureza y elongación?
- ¿Qué relación puedes establecer entre las propiedades definidas y la estructura de los polímeros?
- Según la información reunida en la actividad experimental para cada uno de los materiales estudiados y sometidos a pruebas, ¿qué tipo de estructura tiene el polímero?

Las propiedades mecánicas de los polímeros resultan fundamentales para definir su uso. A continuación revisaremos algunas de ellas:

- **Resistencia:** Corresponde a la capacidad que le permite a los polímeros soportar la presión ejercida sobre ellos sin alterar su estructura, es decir, son resistentes a la compresión y al estiramiento. Por ejemplo, los policarbonatos que se usan en techos de terrazas e invernaderos
- **Dureza:** Corresponde a la capacidad de oposición que presentan los polímeros a romperse. Por ejemplo el polietileno, es un polímero muy flexible con elevada dureza, es decir no se rompe con facilidad.
- **Elongación:** Corresponde al cambio de forma que experimenta un polímero cuando se le somete a tensión externa, es decir, cuánto es capaz de estirarse sin romperse. Los **elastómeros** son polímeros que pueden estirarse hasta 1.000 veces su tamaño original y volver a su longitud base sin romperse. Por ejemplo, el polibutadieno es utilizado en las pelotas de golf las cuales poseen un núcleo elástico de este elastómero, rodeado de una capa de material duro y rígido.



Techo de policarbonato



Bidones de polietileno



Pelota de golf

Además de las propiedades mecánicas, que resultan claves para definir la aplicación que se les dará a los polímeros, existen otras propiedades que permiten su clasificación considerando sus propiedades físicas y su comportamiento frente al calor.

## a.2. Propiedades físicas

Según las propiedades físicas, los polímeros se pueden clasificar en:

- **Fibras:** Corresponden a hebras ordenadas en una dirección determinada, formada por hilos muy resistentes, gracias a las fuerzas intermoleculares entre las cadenas poliméricas que son muy intensas. Se producen cuando el polímero fundido se hace pasar a través de los orificios de tamaño pequeño de una matriz adecuada y, simultáneamente, se aplica un estiramiento. Presentan alto módulo de elasticidad y baja extensibilidad, lo que permite confeccionar tejidos cuyas dimensiones permanecen estables. Por ejemplo, las poliamidas y los poliéster.



Chalecos antibalas fabricados con Kevlar (poliamida)

- **Elastómeros:** Corresponden a polímeros con cadenas con orientación irregular, las que al estirarse se extienden en el sentido de la fuerza aplicada. Presentan fuerzas intermoleculares débiles para mantener la orientación ejercida por la fuerza, razón por la cual vuelven a su forma original una vez terminada, es decir, tienen la propiedad de recuperar su forma al ser sometidos a deformación por tensión. Por ejemplo, el caucho sintético, y el neopreno.



Neumáticos fabricados con caucho

- **Plásticos:** Corresponden a polímeros que presentan propiedades intermedias entre las fibras y los elastómeros, por ende, no presentan un punto de fusión fijo, lo que les permite ser moldeados y adaptados a diferentes formas, puesto que poseen a ciertas temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad.



Diversos objetos de plástico



En el sitio [http://www.educared.org/global/anavegar4/comunes/premiados/D/1441/text\\_prop.htm](http://www.educared.org/global/anavegar4/comunes/premiados/D/1441/text_prop.htm)

podrás encontrar información acerca de las fibras. Las propiedades físicas y químicas y clasificación según si son naturales, artificiales o sintéticas.

### a.3. Propiedades en relación a su comportamiento frente al calor

- **Termoplásticos:** Polímeros que se caracterizan porque sus cadenas (lineales o ramificadas) no están unidas. Las fuerzas intermoleculares entre sus cadenas se debilitan al aumentar la temperatura, reblandeciéndose. En cambio, a temperatura ambiente son rígidos. Por lo anterior, es posible calentarlos para fundirlos y moldearlos, proceso que se puede llevar a cabo muchas veces, sin que experimenten ningún cambio significativo en sus propiedades. Son reciclables. Por ejemplo, polietileno, nailon, poliestireno, etc.



Botellas fabricadas con polietileno.



Las celdas de los cepillos de dientes son de nailon.



Juguete fabricado de poliestireno.

- **Termoestables:** Polímeros cuyas cadenas están interconectadas por medio de ramificaciones más cortas que las cadenas principales, siendo el calor el responsable del entrecruzamiento (que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas) y le da una forma permanente a este tipo de polímeros, por lo cual, no se pueden volver a procesar. Son materiales rígidos, frágiles y con cierta resistencia térmica. Una vez moldeados, no pueden volver a cambiar su forma, ya que no se ablandan cuando se calientan, de hecho, al ser calentados se descomponen químicamente en vez de fluir, por ello no son reciclables. Por ejemplo, resinas de melamina, baquelita (resinas de fenol- formaldehído), policloruro de vinilo, etc.



Plato fabricado con resina de melamina.



Mangos de sartenes, fabricados de baquelita.



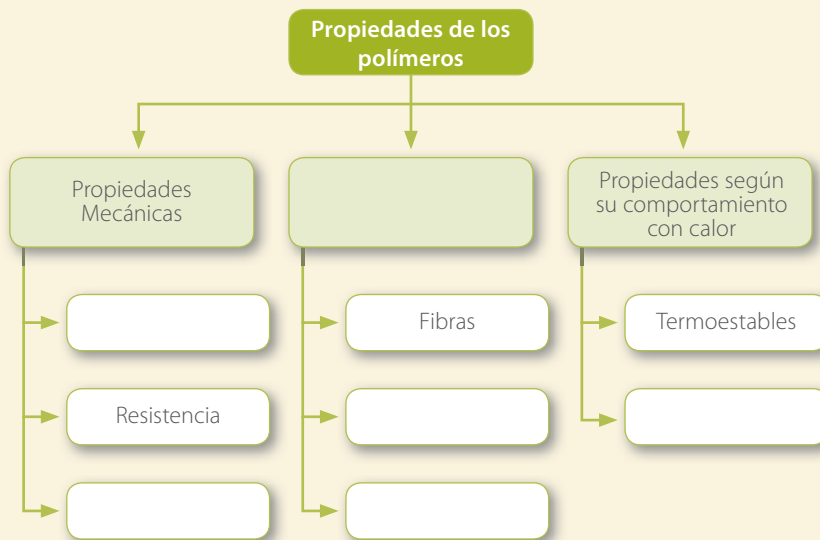
Tuberías fabricadas con policloruro de vinilo (PVC).

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Recordar
- Deducir
- Justificar.

- 1 Completa el siguiente organizador gráfico que presenta las propiedades de los polímeros:



- 2 Lee atentamente las siguientes afirmaciones, posteriormente indica si son verdaderas (V) o falsas (F). Justifica las falsas.

- a. \_\_\_ La resistencia corresponde a la capacidad que le permite a los polímeros volver a su forma original, después de aplicada un fuerza sobre ellos.
- b. \_\_\_ La capacidad de oposición de un polímero a romperse, se denomina dureza.
- c. \_\_\_ La elongación se refiere a la capacidad de un polímero de estirarse sin romperse.
- d. \_\_\_ Los plásticos comparten propiedades con las fibras y los elastómeros.
- e. \_\_\_ Las fibras siempre son elastómeros.
- f. \_\_\_ Las fibras a diferencia de los elastómeros, presentan fuerzas intermoleculares entre las cadenas poliméricas que los constituyen.
- g. \_\_\_ Un termoplástico no es reciclable a diferencia de un material termoestable.
- h. \_\_\_ Los elastómeros recuperan su forma luego de ser sometidos a deformación por tensión.
- i. \_\_\_ Los polímeros termoestables presentan cadenas interconectadas, a diferencia de los termoplásticos.
- j. \_\_\_ Las fibras son elásticas, pero no extensibles.

- 3 Considerando la información proporcionada en el texto respecto a las propiedades de los polímeros, complete las oraciones propuestas a continuación considerando la subdivisión realizada.

- Oraciones referidas a las propiedades mecánicas:
  - a. Para fabricar una cortina de baño se debe emplear un polímero \_\_\_\_\_
  - b. Se podría afirmar que en la fabricación de los marcos de un lente de sol ha sido empleado un polímero con elevada \_\_\_\_\_

- c. Considerando sus propiedades, los polímeros denominados \_\_\_\_\_ están presentes en la ropa que usamos cotidianamente.
- d. Los plásticos que recubren los cables eléctricos tienen en su estructura polímeros que presenta \_\_\_\_\_
- Oraciones referidas a las propiedades físicas:
  - a. Las cuerdas empleadas en actividades como el "Bungee" están constituidas entre otros materiales, por polímero que son \_\_\_\_\_
  - b. Los polímeros \_\_\_\_\_ presentan propiedades intermedias entre las fibras y los elastómeros.
  - c. Los polímeros denominados \_\_\_\_\_ se emplean en la fabricación de textiles presentes en nuestra ropa.
  - d. El caucho sintético es un ejemplo de los polímeros clasificados como \_\_\_\_\_ .
- Oraciones referidas a las propiedades en relación a su comportamiento frente al calor:
  - a. El PVC es un polímero \_\_\_\_\_
  - b. Considerando su uso, los recipientes empleados para calentar alimentos en los microondas, deberían estar constituidos por polímeros \_\_\_\_\_
  - c. Los envases reciclables están constituidos por polímeros \_\_\_\_\_
  - d. Los polímeros \_\_\_\_\_ corresponden a materiales rígidos, frágiles y con cierta resistencia térmica.

Te invitamos a que evalúes tu nivel de aprendizaje logrado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente.

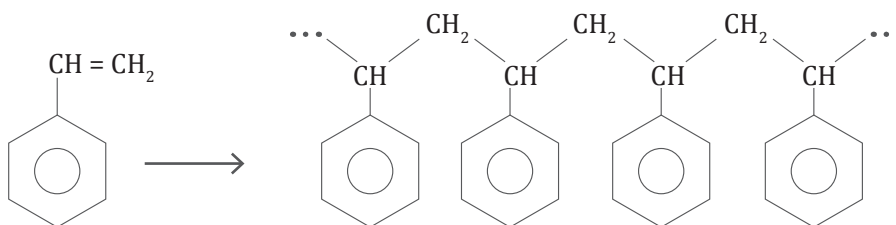
Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Puedo diferenciar entre un polímero natural y uno sintético?			
¿Comprendo que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura?			
¿Identifico claramente las propiedades mecánicas y físicas de los polímeros sintéticos?			
¿Conozco las diferencias entre un polímero termoplástico y uno termoestable?			
¿Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos?			
¿Valoro las aplicaciones de los polímeros en la elaboración de materiales de uso común?			



## b. Formación de polímeros

La siguiente imagen corresponde a la reacción de polimerización del poliestireno:



- ¿Cuál crees que es el monómero?, ¿cómo puedes identificarlo?
- Intenta dar una explicación para la formación del polímero.
- ¿Qué cambios experimentó el monómero para transformarse en el polímero "poliestireno"?
- ¿Qué usos tiene el poliestireno? Investiga.

Señalamos con anterioridad que los polímeros son macromoléculas obtenidas por repetición de moléculas simples llamadas monómeros tras una reacción de polimerización. La característica principal para que un monómero polimerice es que al menos sea bifuncional, es decir, que la molécula constituida por el monómero contenga dos o más grupos reactivos que permitan realizar la unión y crear la polimolécula.

Las reacciones de polimerización se dividen en dos grandes grupos, las **reacciones de adición** y las de **condensación**.

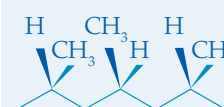
## MÁS QUE QUÍMICA

El polipropileno (PP) es un polímero de adición usado en forma de fibras para sacos, tapas de botellas, bolsas, vasos desechables. Una característica muy importante es que el PP se puede presentar en tres formas estructurales distintas: isotáctica, sindiotáctica y atáctica.

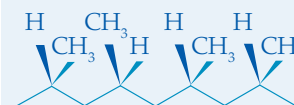
Isotáctica:



Sindiotáctica:



Atáctica:



### Procedimiento:

- Calienta la leche en la olla, hasta que se formen grumos (hasta que la leche cuaje)
- Con un colador, retira todo el líquido y deja solo los grumos y colócalos en el vaso.
- Agrega a los grumos la cucharadita de vinagre y déjalo reposar por una hora aproximadamente. Vuelve a colar el exceso de líquido y da forma al material formado

### Responde:

- 1 ¿Qué piensas que has formado?, ¿porqué?
- 2 Investiga, ¿cuál era la materia para la fabricación de los plásticos, antes de ser elaborados del petróleo?

## ¡HAZLO EN TU CASA!

### Habilidades a desarrollar:

- Aplicar
- Observar
- Investigar
- Deducir

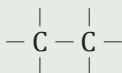
### Materiales

- 120 mL de leche
- 5 mL de vinagre (una cucharadita)
- Una olla pequeña
- Un vaso de vidrio
- Colador

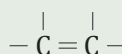
### RECUERDA QUE

El carbono (C) puede formar una gran cantidad de compuestos, porque los átomos de carbono tienen la capacidad de formar enlaces carbono-carbono sencillo, doble y triple.

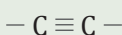
Enlace simple



Enlace doble



Enlace triple



### RECUERDA QUE

Los alquenos son hidrocarburos alifáticos insaturados con uno o más dobles enlaces, que pueden ser ramificados o no. Por ejemplo, el eteno o etileno ( $CH_2 = CH_2$ )

## b.1 Polimerización por adición

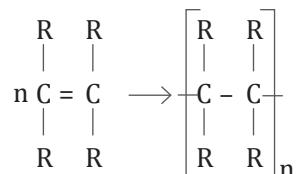
Como mencionamos anteriormente la polimerización por adición consiste en la producción del polímero por la repetición (adición) exacta del monómero original, sin que se origine ningún subproducto. A partir de estas reacciones, se obtienen polímeros de adición, que se caracterizan por presentar una unidad estructural de repetición cuya composición es la misma del monómero de partida: monómeros que tienen uno o más enlaces dobles o triples.

En toda polimerización por adición se distinguen tres pasos fundamentales:

- **Iniciación:** Proceso en el que participa como reactivo la molécula denominada "iniciador".
- **Propagación:** Proceso en el que la cadena comienza a alargarse por repetición del monómero.
- **Terminación:** Proceso en el que se interrumpe la propagación, se extingue el proceso de "crecimiento" de la cadena y se obtiene un polímero determinado.

La polimerización comienza cuando el "iniciador" (catión, radical libre o anión) se adiciona a un doble enlace carbono - carbono de un sustrato insaturado (un monómero vinilo) y forma un intermediario reactivo (iniciación). Este intermediario reacciona con una segunda molécula del monómero y da un nuevo intermediario y así sucesivamente (propagación). Finalmente la cadena polimérica deja de crecer (terminación).

En general las reacciones por adición se expresan de la forma:



Donde:

- R, puede ser un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo u otro grupo funcional.
- n, el número de monómeros que reaccionan y que conforman finalmente el polímero.

Los polímeros por adición pueden lograrse por dos procesos distintos. Según el tipo de reactivo iniciador que emplee. Encontraremos:

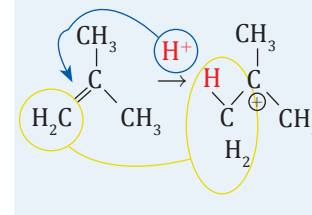
- Polimerización catiónica.
- Polimerización aniónica.
- Polimerización por radicales libres (Radicalaria)

- **Polimerización Catiónica:**

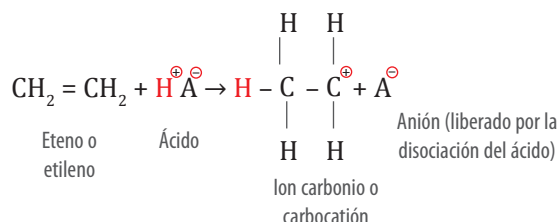
La polimerización catiónica ocurre generalmente por el ataque de un ácido (un catión) sobre el doble enlace de un alqueno, que posee sustituyentes dadores de electrones. Sigamos atentamente la polimerización del etileno para obtener polietileno, presente, por ejemplo, en las bolsas plásticas.

**MÁS QUE QUÍMICA**

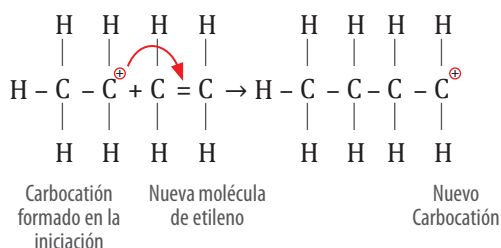
En el ataque electrofílico, un grupo cede electrones hacia el doble enlace, reduciendo las especies enlazadas y alcanzando una mayor densidad electrónica. Por ejemplo, el H<sup>+</sup> en la polimerización catiónica (de baja densidad electrónica) ataca al grupo CH<sub>2</sub>, que luego toma la forma de CH<sub>3</sub>.



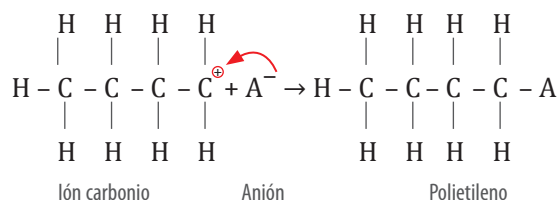
- **Iniciación:** Al adicionar el ácido que representaremos como (HA) al eteno, conocido también como etileno (CH<sub>2</sub> = CH<sub>2</sub>), se producirá la disociación del ácido, liberando iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>) que cumplen la función de reactivo iniciador y que procederán a atacar a los electrones (ataque electrofílico) del doble enlace, para finalmente unirse a los átomos de carbono de la cadena y permitir la formación del ión carbonio o carbocatión (especie deficiente en electrones).



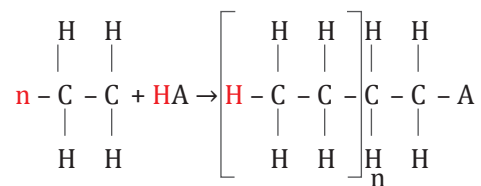
- **Propagación:** El carbocatión ataca el doble enlace de otra molécula de etileno formando un nuevo ión carbonio, lo que permite que el polímero se propague o “crezca”:



- **Terminación:** La cadena dejará de crecer, cuando el anión se una a la cadena debido a la ausencia de otras moléculas del monómero original, terminando con el “crecimiento” de la cadena polimérica.



En síntesis considerando que en la reacción intervienen “n” monómeros, de etileno, la reacción global será:


**Polimerización Aniónica:**

Este tipo de polimerización ocurre por el ataque de un anión, que representaremos como X<sup>-</sup>, sobre el doble enlace de un alqueno, que posee sustituyentes capaces de atraer electrones, como el CN<sup>-</sup> (anión cianuro), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno) y CO<sub>2</sub>H (ácido carboxílico).

### MÁS QUE QUÍMICA

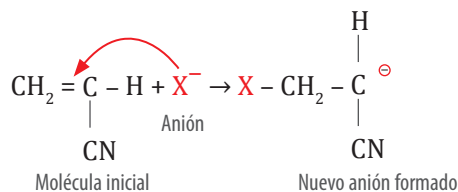
En el mundo, el uso del polietileno (PE) es tan amplio, que es posible obtenerlo de muchas formas, incluso por los tres mecanismos de polimerización.

Entre sus usos comunes se encuentran: bolsas plásticas de todos tipos, envases de alimentos, parte importante en la fabricación de pañales desechables, cajones plásticos, entre muchos otros.

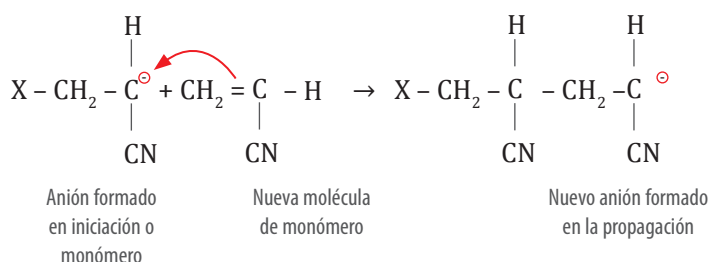


Observa atentamente el siguiente mecanismo general, que representa el proceso de polimerización aniónica.

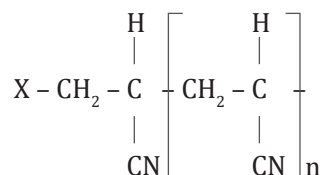
- **Iniciación:** el anión  $X^-$  ataca el doble enlace de la molécula, formando un anión.



- **Propagación:** el anión formado reacciona sobre la cadena de monómero, dando paso a una nueva ruptura de enlace doble y unión a la cadena, que se extiende o propaga.



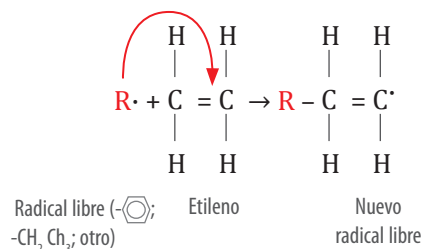
- **Terminación:** la cadena dejará de crecer, obteniéndose el polímero.



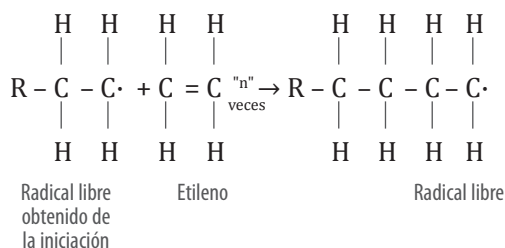
#### • Polimerización Radicalaria:

Este tipo de polimerización transcurre cuando los intermediarios se forman en una reacción por ruptura homolítica (ruptura de enlace que forma el radical libre y en la que cada átomo se queda con un electrón) y no tienen carga. Un ejemplo de este tipo de polimerización corresponde a la producción del polietileno por radicales libres, que es otra forma de obtención para el mismo polímero.

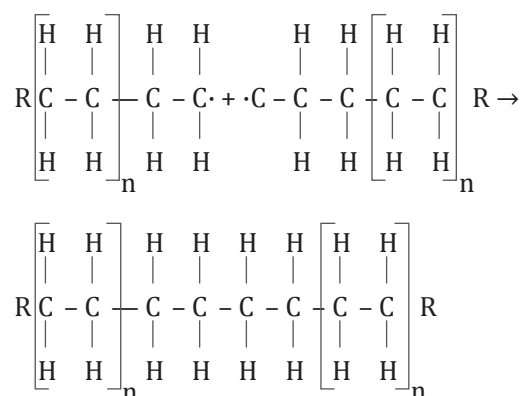
**Iniciación.** Supondremos la presencia de un radical libre al que denominaremos "R", que puede provenir de la descomposición de cualquier compuesto orgánico. Este radical libre actúa como iniciador de la reacción, "atacando" el enlace doble del etileno dando forma a un nuevo radical.



**Propagación.** El radical formado reacciona con otra molécula de etileno y así el proceso se repite “n” veces para ir alargando la cadena, es decir, propagándose.



**Terminación.** En este tipo de polimerización, la terminación se produce cuando alguna sustancia destruye los radicales libres, dando lugar al polietileno.



En el sitio [http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material\\_de\\_clase/qcyp-b5.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material_de_clase/qcyp-b5.pdf)

podrás descargar un archivo en el cual profundizar tus conocimientos sobre la polimerización por adición.

- 1 Lee atentamente las siguientes afirmaciones, posteriormente indica si son verdaderas (V) o falsas (F). Justifica las falsas.
- El tipo de especies iniciadoras definen el tipo de polimerización que se desarrollara.
  - En la polimerización catiónica y radicalaria se produce un ión carbonio, pero no en la aniónica.
  - El carbocatión es una especie con exceso de electrones.
  - En la polimerización aniónica y catiónica el carbocatión es el responsable de unir nuevos monómeros a la cadena.
  - En la polimerización radicalaria, la reacción terminará cuando se destruyan los radicales libres.
  - La polimerización catiónica se termina cuando reacciona el carbocatión con el anión proveniente de la disociación del ácido.

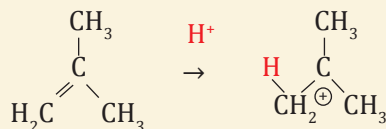
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Justificar
- Observar
- Formular
- Investigar
- Inferir



- 2 Observa atentamente la siguiente reacción de iniciación de la reacción de polimerización catiónica del 2-metilpropeno, también llamado isobutileno.



- a. ¿Cuál es la especie iniciadora?  
 b. Establece las ecuaciones que explican el proceso de propagación.  
 c. Investiga. ¿Qué producto se obtendrá en el proceso de terminación?, ¿cuáles son sus aplicaciones?
- 3 Observa los polímeros que se presentan en la siguiente tabla. Ellos corresponden a algunos de los polímeros de adición más importantes en la industria.

- a. Considerando su monómero original, desarrolla para cada caso la reacción de polimerización, distinguiendo: iniciación, propagación y terminación.
- b. Según la información proporcionada respecto a su uso, ¿cuál de estos polímeros está presente en tu hogar?
- c. Investiga. ¿Qué materiales han reemplazado los polímeros identificados en la tabla? Por ejemplo, antiguamente los colchones y almohadas eran rellenos con lana natural, la que se debía sistemáticamente sacarse del interior para estirla y darle vaporosidad para mayor comodidad. Hoy, en cambio, el poliestireno cumple la misma función.

Monómero	Polímero	Usos principales
$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \backslash \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Propileno	$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \quad \text{H} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \quad   \quad   \\ -\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}- \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Polipropileno	Botellas, detergentes artículos moldeados.
$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\ \backslash \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Estireno	$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\   \quad   \quad   \quad   \\ -\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}- \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Poliestireno	Artículos moldeados, espuma aislante.
$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Cloruro de vinilo	$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \quad \text{H} \quad \text{Cl} \\   \quad   \quad   \quad   \\ -\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}- \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Cloruro de polivinilo (PVC)	Discos fonográficos, películas, artículos de piel artificial, mangueras.
$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CN} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Acilonitrilo	$  \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CN} \quad \text{H} \quad \text{CN} \\   \quad   \quad   \quad   \\ -\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}- \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}  $ Poliacionitrilo	Fibra (orlón, milón).
$  \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}  $ Tetrafluoroetileno	$  \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \quad   \quad   \\ -\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}- \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \quad \text{F} \end{array}  $ Politetrafluoroetileno	Teflón, películas resistentes al calor.



Antes de continuar, reflexiona sobre tu proceso de aprendizaje, respondiendo las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las aplicaciones prácticas del aprendizaje que has adquirido?, ¿qué dificultades se te han presentado en tu proceso de aprendizaje?, ¿qué aprendizajes han afectado?

¿Qué estrategias diseñarás y ejecutarás para reforzar esos aprendizajes?

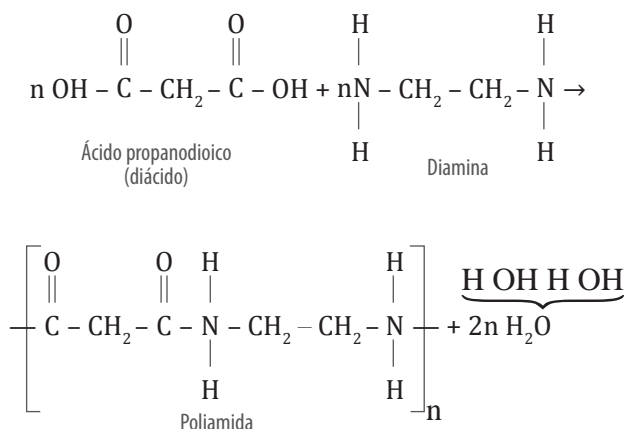
¿Es la Química una herramienta valiosa para conocer y comprender el mundo que nos rodea?

## b.2 Polimerización por condensación

Se forman por un mecanismo de reacción en etapas, es decir, a diferencia de la polimerización por adición, la polimerización por condensación no depende de la reacción que la precede; el polímero se forma porque las unidades monoméricas que intervienen son principalmente: diácidos carboxílicos, diaminas y dialcoholes. Además, en este tipo de reacciones, por cada nuevo enlace que se forma entre los monómeros, se libera una molécula pequeña, generalmente de agua.

Las reacciones de condensación permiten la formación de polímeros de gran uso comercial. En este caso, estudiaremos las poliamidas (nylon), los policarbonatos, los poliéster y las siliconas.

- **Poliamidas:** La polimerización por condensación de poliamidas, se forma entre un diácido y una diamina (en que las unidades estructurales están conectados por el enlace amida) fibra sintética que en la industria se emplean en la fabricación de fibras textiles para tapices, jeringas, carcasas de diferentes utensilios domésticos, como alisadores y secadores de pelo, entre muchos otros. la reacción general para este proceso es:



¿Qué observas en la reacción?, ¿cómo se explica la formación del polímero y por qué se produce la formación de moléculas de agua?



### 3. Aplicaciones de los polímeros sintéticos

De acuerdo a lo que hasta aquí has aprendido de los polímeros, comenta con otro estudiante:

- ¿Qué son los polímeros sintéticos?
- ¿Conocemos aplicaciones de los polímeros sintéticos?
- ¿Están presentes los polímeros sintéticos en nuestra vida cotidiana?, ¿en qué cosas u objetos?

Observa las siguientes imágenes:



- A partir de lo observado, ¿por qué crees que han cambiado los tipos de materiales que se utilizan para fabricar diversos objetos?

Los polímeros constituyen parte importante de nuestro diario vivir y que han logrado reemplazar varios materiales en diversas situaciones y actividades. Por mucho tiempo polímeros naturales como la celulosa (para la elaboración del papel), el algodón y la seda (para la confección de prendas de vestir) fueron materiales básicos, pero los avances científicos permitieron sintetizar estos polímeros naturales y obtener materiales con propiedades similares y a más bajo costo.

Imagina la revolución que causó la primera obtención de algunos materiales, como la baquelita, el celuloide y el caucho sintético, lo que provocó una verdadera rebelión en la industria química y en el estilo de vida de millones de personas, hoy tenemos ropa que no se arruga, ropa que actúa como “primera capa” reduciendo su envergadura y limitándola a telas muy delgadas, telas impermeables, materiales para recubrir paredes en baños y cocinas, entre tantos otros que podemos mencionar.

### RECUERDA QUE

Los isómeros corresponden a dos o más compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero con diferente ordenamiento de sus átomos. Los isómeros geométricos pueden ser *cis* (tienen los grupos al mismo lado) o *trans* (tiene los grupos a lados opuestos).

### MÁS QUE QUÍMICA



**Charles Goodyear**  
(1800-1860)

Inventor industrial y comerciante, de nacionalidad estadounidense, que gracias a su experimentación química, descubrió la vulcanización del caucho al calentar el caucho natural en presencia de azufre.

### a. Caucho Sintético o Vulcanizado

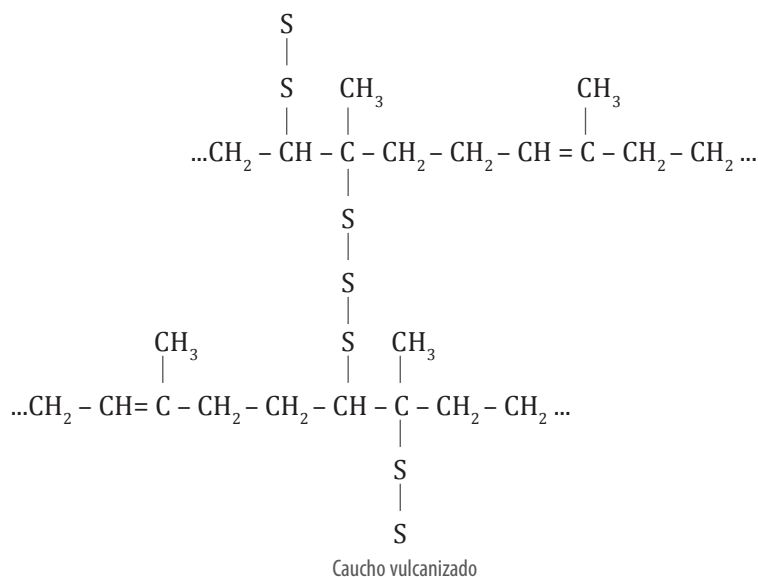
El **caucho natural** que es un polímero del isopreno o poliisopreno que se extrae de la savia o látex de ciertos árboles tropicales nativos de Sudamérica (*Hevea Brasiliensis*). Está constituido por cadenas de poli-cis-isopreno, que es el resultado de la polimerización del 2-metil-1,3-butadieno. Una de las principales propiedades de este polímero es su elasticidad.

El caucho natural es un material pegajoso, blando cuando se le aplica calor, duro y fácil de quebrar en frío. El caucho natural se produce cuando se enlazan entre sí las moléculas de isopreno (2-metil-1,3-butadieno), mediante la acción de ciertas enzimas que posibilitan que todos los monómeros unidos se conformen en sus isómeros *cis*.

En 1839, **Charles Goodyear** mezcló accidentalmente azufre (S) y caucho natural en una estufa caliente y obtuvo un material que no se fundía ni se ponía pegajoso al calentarlo, tampoco se quebraba cuando se lo sometía a bajas temperaturas, a diferencia del caucho natural.

Así descubrió que el caucho natural al ser tratado con azufre mejora notablemente sus propiedades de elasticidad, procedimiento químico conocido como **vulcanización**, gracias al cual obtuvo el **caucho vulcanizado** o **caucho sintético**.

En el proceso de vulcanización, el caucho adquiere mayor rigidez sin alterarse su elasticidad longitudinal, obteniendo también una mayor resistencia térmica, a diferencia del caucho natural. Durante la vulcanización el azufre (S) provoca entrecruzamiento (formación de enlaces químicos entre las cadenas poliméricas, lo que le otorga al material mayor rigidez), a través de reacciones que se producen entre algunos dobles enlaces C – C, como se muestra en la siguiente ecuación:



En el sitio [http://www.quimica.uc.cl/uploads/commons/images/f\\_cauchonatural-sintetico.pdf](http://www.quimica.uc.cl/uploads/commons/images/f_cauchonatural-sintetico.pdf) encontrarás más información sobre el caucho natural y sintético.



### b. Impacto en el ambiente

Es posible encontrar en el mercado una gran cantidad de materiales que cumpliendo la misma finalidad, están constituidos por polímeros distintos, unos naturales y otros sintéticos.

Por ejemplo, puedes adquirir una toalla de algodón caracterizada por ser muy absorbente, o una de polímeros sintéticos como el poliéster, que es menos absorbente pero más resistente y duradero. Así también, con la ropa que está elaborada con estas fibras, o las bolsas plásticas o de género (idealmente de algodón para hacer una clara diferencia).

Si tuvieras que elegir una prenda de vestir, antes de haber estudiado sobre los polímeros, ¿te fijarías en el material con que fue elaborada? Ahora que sabes sobre los polímeros, ¿escogerías el material considerando las características de los polímeros?, ¿cuál elegirías y por qué?

Como hemos reiterado a lo largo de este tema, que los polímeros sintéticos son materiales indispensables en la vida cotidiana. Los empleamos en nuestras vestimentas, en una gran variedad de recipientes empleados en la cocina para mantener los alimentos frescos y también para calentarlos en los microondas, para hacer más livianos los automóviles y los computadores, en las bolsas que nos entregan en tiendas comerciales, la feria y supermercados, en cañerías, en botellas, en cascos de seguridad, en prótesis de siliconas, por nombrar algunas aplicaciones.

Todo lo anterior ha sido sinónimo de una explosiva utilización y por ende, de una gran producción de polímeros, generando consecuencias negativas en el ambiente. Por ejemplo, los desechos orgánicos y el papel tienen tiempos de biodegradación que no exceden las 4 semanas, mientras que los plásticos es cercana a los 500 años.

Este hecho sitúa a la “contaminación por plástico” como una de las más significativas actualmente.

Como una forma de reducir el impacto que genera el uso del plástico, la industria apuesta por la elaboración de materiales degradables, biodegradables y oxi-biodegradables, que se definen como:

- **Degradables:** Aquellos en cuyo proceso de producción se les agrega un aditivo que acelera la degradación, gracias a que altera las propiedades físicas del plástico, reduciendo su degradación a un promedio de 2 años.
- **Biodegradables:** Sintetizados a partir de monómeros de  $\alpha$ -glucosa (almidón) extraídos del maíz, y que, al igual que cualquier alimento que arrojamamos a la basura, se descompone, como toda materia orgánica, en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), proceso que no excede los 120 días.
- **Oxo-biodegradables:** Polímeros que contienen un aditivo que permite acelerar su proceso de descomposición, hasta convertirlos en agua,  $\text{CO}_2$  y humus. Este proceso de degradación puede demorar 18 meses.

### SABÍAS QUE

Alumnos del departamento de Biología Molecular y Bioquímica de la Universidad de Yale, en Estados Unidos, recolectando organismos endófitos en la selva amazónica, hicieron diversas investigaciones, en las cuales descubrieron que el hongo denominado *Pestalotiopsis microspora* puede degradar plástico. Jonathan Russell, identificó las enzimas más eficientes en la descomposición de poliuretano, un plástico utilizado ampliamente en la elaboración de fibras sintéticas, piezas para aparatos electrónicos y espumas para aislamiento térmico. Observó, que parte del plástico en uno de los llamados platos de Petri (utilizados para cultivos en el laboratorio) había desaparecido. Varias especies de hongos pueden descomponer plástico al menos parcialmente, pero *Pestalotiopsis* es el único que puede hacerlo sin presencia de oxígeno, algo fundamental para futuras aplicaciones en vertederos.










Jonathan Russell  
Extracto de BBC Mundo

Como has aprendido, es tal la variedad de polímeros y el tipo de aplicaciones comerciales que tienen, que para facilitar su clasificación se ha establecido un **código de identificación internacional**, en el que se codifican los seis polímeros más usados en el mercado.

El código establece un número específico, rodeado con flechas que forman un triángulo, lo que indica, que el material es reciclable. La información más relevante la observas en la siguiente tabla:

**Tabla 19**  
**Códigos de identificación internacional, para polímeros más usados.**

Código	Polímero	Característica fundamental
 1 PET	Polietileno Tereftalato (PET)	Versátil, tiene resistencia física y química, posee propiedades térmicas.
 2 PEAD	Polietileno de alta densidad (PEAD)	Rígido y versátil, posee resistencia química, fácil de fabricar y manejar.
 3 PVC	Policloruro de vinilo (PVC)	Resistente al calor, es impermeable, puede ser duro y flexible.
 4 PEBD	Polietileno de baja densidad (PEBD)	Blando, versátil, translúcido y flexible.
 5 PP	Polipropileno (PP)	Resistente al calor, impermeable, versátil, resistente a solventes.
 6 PS	Poliestireno (PS)	Rígido, se rompe con facilidad.
 7 Otros	Identificación para polímeros no clasificados	Depende de la combinación del polímero.



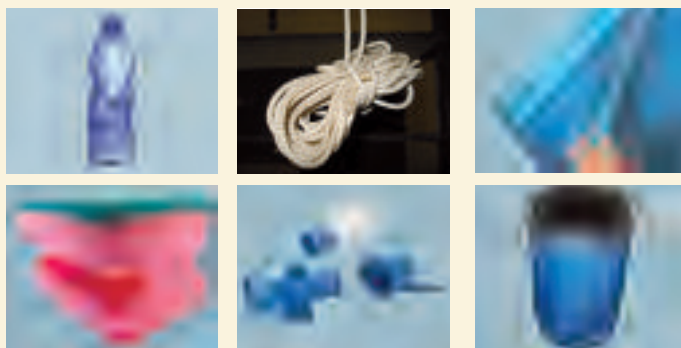
¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?

¿Conozco y valoro las aplicaciones de los polímeros?, ¿tomo medidas para cuidar el medio ambiente, debido a la contaminación por desechos plásticos?, ¿considero que la química es una herramienta valiosa para la comprensión de la relación entre el ser humano y su entorno?

Para la fabricación de los plásticos, los métodos empleados varían según la materia prima, condiciones y sustancias deseadas. En la siguiente tabla se resumen los métodos más utilizados en la industria:

Método	Procedimiento	Ejemplo de productos
Inyección o moldeo	Basado en el principio de los termoplásticos, durante este proceso la materia se ablanda a alta temperatura para disponerla en moldes fríos, en los cuales adopta una nueva forma, que permanece constante a baja temperatura.	
Calandrado	Se obtienen capas delgadas al hacer pasar plástico reblandecido (no líquido) a través de un rodillo que ejerce presión, laminándolo.	
Espumación	Consiste en agregar al polímero alguna sustancia que produzca gases debido al aumento de temperatura. Con ello se producen muchas porosidades en el material y se reduce considerablemente la densidad del mismo.	
Extrusión	Método que consiste en calentar el polímero hasta fundición y posteriormente hacerlo pasar por ranuras u orificios especiales, dando formas características a los materiales obtenidos.	

- 1 Investiga, los principales usos y aplicaciones, para cada uno de los polímeros clasificados, según el código de identificación internacional.
- 2 Reúne diferentes materiales plásticos, que encuentres en tu hogar o en el colegio. Clasifiquen los materiales, según su código y las propiedades que presentan.
- 3 ¿Por qué es relevante la clasificación para el proceso de reciclado?
- 4 ¿Cuáles crees que son las ventajas prácticas de algunos de los materiales poliméricos como sustitutos de otros materiales?
  - a. Observa atentamente los siguientes materiales e indica, ¿cuál crees que ha sido el método de fabricación, para cada uno de ellos? Argumenta tu respuesta.



- 5 Junto a otro estudiante, elaboren un proyecto, con el objetivo de reciclar los materiales plásticos que desechan en sus casas y colegio.

## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Clasificar
- Asociar
- Elaborar

Te invitamos a que evalúes tu nivel de aprendizaje logrado. Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Conozco y valoro las aplicaciones de los polímeros?			
¿Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos?			
¿Tomo medidas para cuidar el medio ambiente debido a la contaminación por desechos plásticos?			
¿Comprendo que el uso de polímeros tiene ventajas y desventajas?			
¿Leo las habilidades que voy a desarrollar?			
¿Considero que la química es una herramienta valiosa para la comprensión de la relación entre el ser humano y su entorno?			



Realizar procesos exhaustivos de investigación es una de las herramientas más valiosas del mundo científico. Desarrollarlo correctamente se aplica no solo a la Química, también es una habilidad para la vida.

Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿busque fuentes de información fiables?, ¿comparé lo que una fuente señala, con la que otra distinta propone?, ¿Relaciono la información obtenida, con los contenidos abordados?, ¿me intereso por conocer las dificultades que presento en mi proceso de aprendizaje?



En el sitio

[http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_31.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf) podrás encontrar un texto en pdf, sobre contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables



# Plásticos biodegradables

Hemos abordado la importancia de los polímeros sintéticos, mencionando aplicaciones directas y su importancia como materias primas. De allí que se acuñara el término "era del plástico". Ahora bien, así como es imposible negar su importancia, el mundo científico planteó una de sus mayores debilidades o problemáticas: su biodegradación. Observa atentamente la siguiente tabla y saca tus propias conclusiones

Material	Tiempo aproximado de biodegradación
Desechos orgánicos	3 a 4 semanas
Papel	3 semanas a 4 meses
Latas	10 a 100 años
Plásticos	500 años

Podrás observar claramente que el tiempo de biodegradación de los plásticos es gigantesco comparado, por ejemplo, con los desechos orgánicos, como son los restos de comida y las heces, o el papel.

Considerando este hecho, que daña gravemente el ambiente, más aún su presencia en nuestra vida cotidiana (solo piensa en la cantidad de bolsas que consumes en tu casa), así como su origen, el petróleo, recurso no renovable, cuyo agotamiento es cuestión ya conocida, el mundo científico se ha volcado en la necesidad de generar plásticos biodegradables.

Un plástico biodegradable (EDPs -

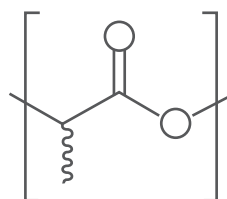
Environmentally Degradable Polymers and plastics), está formado por biopolímero, es decir, polímeros obtenidos a partir de fuentes renovables, biodegradables y cuyo proceso de producción no genera sustancias tóxicas.

Los polímeros biodegradables se pueden clasificar como:

- Aquellos extraídos de la biomasa, como el almidón y la celulosa.
- Los producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables.
- Los producidos por microorganismos, como las bacterias.

El ácido poliláctico (PLA) es uno de los plásticos biodegradables más estudiados actualmente, pues se obtiene a partir del almidón (polímero natural), producido naturalmente por las plantas durante la fotosíntesis.

Además de su bajo costo de producción, el PLA es una resina que puede someterse a los métodos de inyección y extrusión para fabricar diversos objetos, como botellas para bebidas frías, bandejas de envasado para alimentos.



Ácido poliláctico

Los beneficios directos al emplear plásticos biodegradables son:

- Degradación o biodegradación en unos pocos meses o en un período máximo de 2 a 3 años.
- Se minimiza considerablemente, en rellenos sanitarios, uno de los gases responsables del efecto invernadero.
- Facilitan la compactación.

La preocupación mundial es tal que se estableció el estándar internacional "ASTM D883-99", que define los plásticos degradables y biodegradables como: **"el plástico degradable es diseñado para sufrir un cambio significativo en su estructura química bajo ciertas condiciones ambientales, resultando en la pérdida de algunas de sus propiedades, las cuales pueden ser medidas por métodos establecidos en estándares apropiados para el plástico y la aplicación en un período que determine esta clasificación, mientras que los plásticos biodegradables corresponden a plástico degradable en el cual la degradación ocurre por efecto de la acción de microorganismos existentes en la naturaleza, tales como bacterias, hongos y algas"**.

Adaptación del texto, que se encuentra en: Fuente: <http://www.escritoscientificos.es/trabla20/carpetas/fhaber/portada.html>

## Preguntas para la reflexión:

- Investiga. ¿Por qué el maíz y el trigo son unas de las materias primas más importantes para la producción de PLA?
- Considerando los datos de biodegradación expuestos en el texto, ¿por qué es importante la reutilización de los plásticos elaborados a partir de sustancias derivadas del petróleo? Enumera a lo menos tres motivos.
- Observando el comportamiento de tu familia respecto al uso y desecho de los plásticos, ¿qué recomendaciones les darías para cuidar el ambiente?

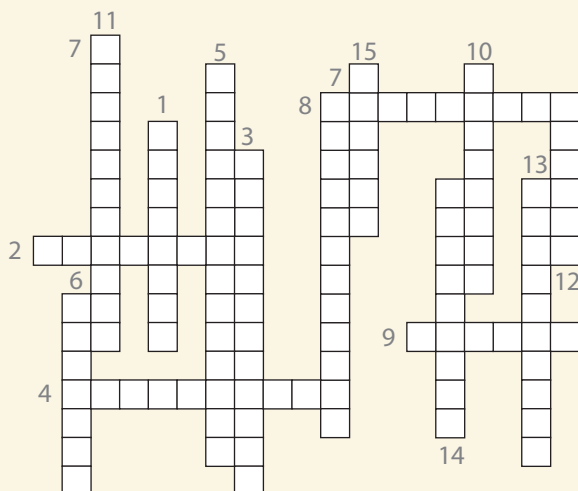
## Habilidades que se desarrollarán:

- Analizar
- Investigar
- Aplicar
- Discutir



## Revisemos lo aprendido: Tema 1

### I. Crucigrama. (Completa el siguiente crucigrama a partir de las definiciones enumeradas).



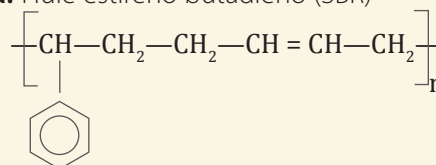
- 1 Macromoléculas formadas por unidades que se repiten varias veces para formar la estructura final.
- 2 Unidad básica de un polímero.
- 3 Polímeros que están constituidos por la repetición de un solo tipo de monómero.
- 4 Polímeros formados por la repetición de dos o más monómeros distintos.
- 5 Reacción química que permite la formación de un polímero.
- 6 Tipo de polimerización en la que el polímero obtenido es idéntico a los monómeros que lo originan.
- 7 Tipo de polimerización en la que se obtiene, además de un polímero, una molécula pequeña.
- 8 Tipo de polimerización por adición, en la que debe participar un ácido que practica un ataque electrofílico.
- 9 Estructura de los polímeros en la cual el crecimiento del mismo se produce solo unidireccionalmente.
- 10 Tipo de polimerización en la que la sustancia iniciadora corresponde a un anión.

- 11 Propiedad de los polímeros que tiene relación con la capacidad de soportar la presión ejercida sobre ellos.
- 12 Propiedad de los polímeros relacionada con su capacidad de oponerse al rompimiento o fractura.
- 13 Propiedad de los polímeros que habla sobre su capacidad para volver a su forma original después de aplicada una tensión en sus extremos.
- 14 Nombre del polímero sintético, que se obtiene por reacción entre un diácido y una diamina.
- 15 Nombre de uno de los primeros polímeros sintéticos, obtenido accidentalmente a través del que hoy conocemos como proceso de vulcanización.

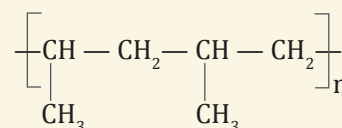
### II. Ejercicios. Desarrolla en tu cuaderno los ejercicios propuestos a continuación.

- 1 Identifica si los siguientes polímeros corresponden a homopolímeros o copolímeros e identifica el o los monómeros participantes.

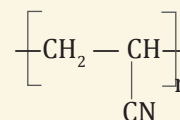
a. Hule estireno butadieno (SBR)



b. Polipropeno



c. Poliacrilonitrilo.



2 Establece la reacción de los siguientes polímeros de adición, considerando los monómeros presentados.

Ejercicio	Monómero	Polímero
A.	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Propileno	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 \\   &   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ Polipropileno
B.	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Estireno	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{C}_6\text{H}_5 & \text{H} & \text{C}_6\text{H}_5 \\   &   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ Poliestireno
C.	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Cloruro de vinilo	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{Cl} \\   &   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ Cloruro de polivinilo (PVC)

3 Define e indica un ejemplo, para cada una de las siguientes propiedades de los polímeros.

- Termoplásticos.
- Termoestables.
- Elastómeros.
- Fibras.

4 Hemos visto que los polímeros han reemplazado a algunos materiales, reduciendo el costo de fabricación y mejorando considerablemente la calidad de vida de los hombres. Para los polímeros siguientes, investiga cuáles son sus aplicaciones e identifica a qué materiales han reemplazado.

Polímero	Usos y/o aplicaciones	¿A qué material reemplaza?
Policloruro de vinilo		
Polietileno		
Policarbonato		
Poliámidas		

## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los aprendizajes para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideres que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje, aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por Lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje, debes seguir trabajando para ello.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Conozco el concepto de polímero.			
Puedo reconocer la unidad fundamental de un polímero.			
Diferencio claramente un homopolímero de un copolímero.			
Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos.			
Me intereso por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo.			
Conozco las propiedades de los materiales poliméricos.			
Conozco las reacciones de polimerización.			
Valoro las aplicaciones de los polímeros en la elaboración de materiales de uso común.			
Al mostrar los errores cometidos por otros, no busco la burla ni la vergüenza pública para quienes se equivocan, sino demostrar mi interés por mejorar el trabajo del equipo.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L**. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.

# TEMA 2

## Polímeros naturales y sus aplicaciones

### En este tema estudiarás:

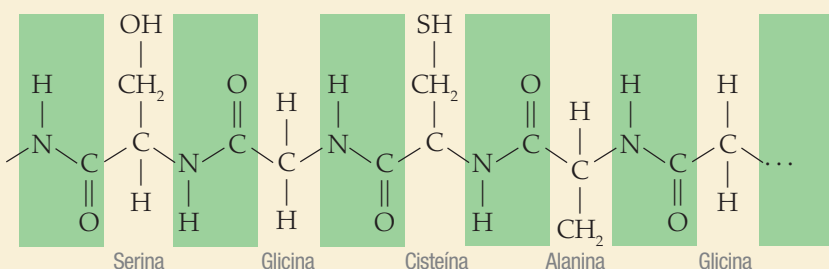
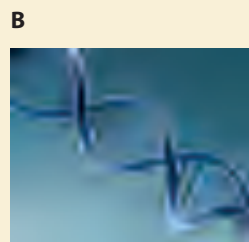
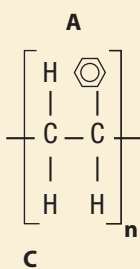
- Polímeros naturales
- Aminoácidos
- Proteínas
- Ácidos nucleicos
- Carbohidratos

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Composición de los polímeros
- Polimerización

### Y para comenzar...

Observa los siguientes polímeros:



1. ¿Cuál es el monómero de cada uno de los polímeros observados?
2. Considerando el nombre de cada uno de los polímeros observados, ¿cuál de ellos es natural y cuál sintético?, ¿qué criterio empleas para hacer la distinción unos de otros.
3. ¿Qué sabes del ADN?, ¿dónde se encuentra?, ¿es o no importante para los seres humanos?, ¿porqué?
4. ¿Cómo se llama el proceso de formación de los polímeros?, ¿cómo se clasifica?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Identifico la unidad básica de los polímeros?			
¿Comprendo el proceso de formación de los polímeros?			
¿Sé identificar entre un polímero natural y uno sintético?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.

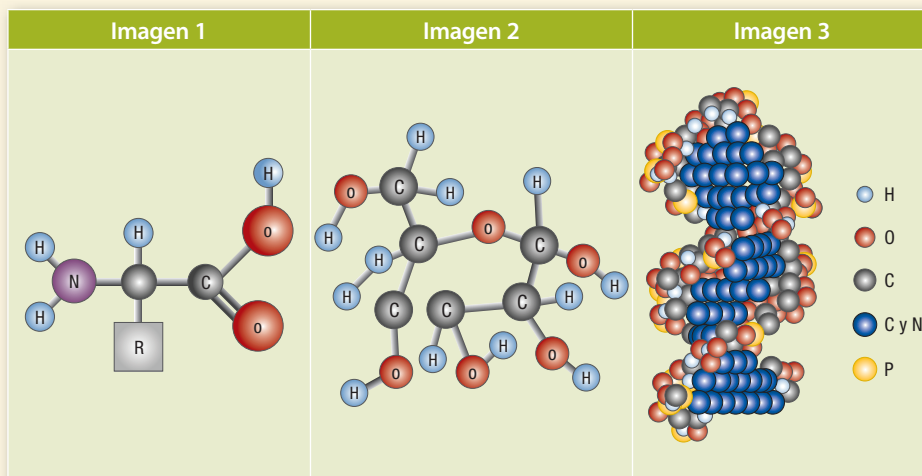
## Polímeros Naturales

### Introducción

Como ya hemos aprendido los polímeros son extensas cadenas de monómeros que tienen una serie de propiedades que los hacen esenciales en nuestras actividades diarias. Entre ellos, los polímeros naturales, son parte de nuestro organismo y base fundamental de la creación de polímeros sintéticos, como por ejemplo el caucho que permitió la elaboración de caucho sintético.

### Paso 1: La exploración

Observa atentamente las siguientes imágenes:



### Paso 2: Preguntas de exploración

- ¿Qué semejanzas y diferencias observas entre las imágenes?
- ¿Qué es un carbohidrato?
- ¿Por qué se presentan las tres imágenes?, ¿están relacionadas?
- ¿Corresponden a polímeros naturales?
- ¿Qué otras preguntas de investigación surgen al observar las imágenes?

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Responde cada una de las preguntas de investigación, acudiendo a tu observación directa y formula la o las hipótesis.

### Paso 4: Diseño experimental

### Paso 5: Registro de observaciones

### Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos

Una forma de investigación corresponde al trabajo documental. Gracias a él es posible encontrar información que te permita desarrollar la investigación y corroborar la validez de la hipótesis planteada.

Te sugerimos investigues en textos, revistas, páginas web, por ejemplo, el sitio [www.educarchile.cl](http://www.educarchile.cl) o [www.quimicaweb.net](http://www.quimicaweb.net) para reunir información y responder a las preguntas de exploración.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

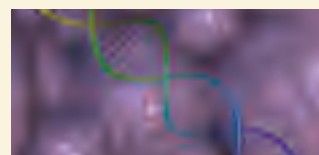
- Observar
- Inferir
- Investigar
- Formular
- Elaborar
- Comunicar
- Concluir
- Evaluar

### Materiales

- Diversas fuentes de investigación

### Estudiaremos

- Características de polímeros naturales.



Hemos reunido los pasos desde el 4 al 6, pues, durante tu trabajo de investigación documental, debes extraer información relevante y pertinente y organizarla de manera tal que te sea factible analizar.

A modo de guía te sugerimos organizar la información en fichas separadas para cada una de las moléculas observadas y una cuarta para un glosario, pues durante la búsqueda encontraras nuevos conceptos que debes también investigar para comprender a cabalidad el fenómeno estudiado.

#### ***Paso 7: Análisis de datos***

Una vez recopilados y ordenados los datos, están en condiciones de analizarlos y, a partir de ese razonamiento, pueden aceptar o rechazar las hipótesis propuestas con anterioridad.

Te invitamos a comparar las respuestas de exploración con la información obtenida de la investigación documental

¿Son correctas tus inferencias? A la luz de la información obtenida, ¿por qué se presentan la imágenes juntas?, ¿qué las relaciona?, ¿son polímeros naturales?, ¿cuál es su origen?

#### ***Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados***

Concluir y comunicar los resultados obtenidos configura una de las últimas etapas del trabajo científico. En este acto se establecen las relaciones entre las inferencias, la información obtenida de diversas fuentes y los resultados.

Te invitamos a formular un tríptico en el cual dediques, una plana de portada, una plana respecto a los polímeros naturales y la clasificación de los biopolímeros, al menos una plana para cada una de los polímeros naturales investigados, una plan de conclusiones y otra para listar la bibliografía empleada.

#### ***Paso 9: Evaluación del trabajo realizado***

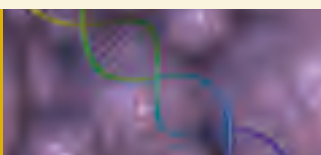
Al finalizar el proceso, debemos evaluar los aprendizajes obtenidos, así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo en forma individual. Te invitamos a compartir en equipo las siguientes preguntas para guiar la reflexión:

¿Qué aprendimos a través de esta actividad?

¿Cuál es la importancia de los carbohidratos, ácidos nucleicos y las proteínas en nuestra vida?

¿Somos eficientes como equipo de trabajo?, ¿logramos las metas propuestas?

¿Somos responsables con las labores encomendadas?





# 1. Polímeros naturales

- ¿Recuerdas cuales son los polímeros naturales que fueron mencionados en el primer tema de esta unidad?
- ¿Por qué crees que los polímeros naturales son tan importantes en nuestro organismo?

Los polímeros naturales están presentes en sustancias como la celulosa, el caucho natural y la seda, pero su mayor relevancia está al interior de nuestro propio cuerpo y se denomina biomoléculas, el ADN, las proteínas y los carbohidratos son algunos ejemplos.

La mayor parte de las moléculas orgánicas están formadas principalmente por carbono, las macromoléculas se estructuran en unidades pequeñas, como vimos anteriormente, las denominadas monómeros.

Los organismos elaboran esas macromoléculas a partir de sustancias mucho más pequeñas y simples que obtienen del medio que los rodea, como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), conocidas como **precursores** y generan moléculas de mayor masa, nuestros conocidos **monómeros**, los que a su vez se unen entre sí formando largas cadenas como son los **polímeros naturales o biopolímeros**.

De acuerdo al tipo de monómero que origina el polímero, las macromoléculas que constituyen la materia viva forman, básicamente, tres grandes grupos, cada uno de los cuales cumple un rol biológico específico.

- **Proteínas**, presentes por ejemplo, en carnes o huevos.
- **Ácidos nucleicos**, que encontramos al interior de cada una de nuestras células.
- **Carbohidratos**, presentes por ejemplo, en productos elaborados con harina y cereales.

**1** Considerando los contenidos estudiados, ordena los siguientes conceptos claves, en un organizador gráfico: proteínas, polímeros, biopolímeros, polímeros sintéticos, carbohidratos, monómeros, ácidos nucleicos, precursores.

## DESAFÍO

**Habilidades a desarrollar:**  
- Organizar  
- Jerarquizar información

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Identificar
- Analizar
- Concluir
- Evaluar

### Material

- Seis tubos de ensayo.
- Vaso de precipitados de 500 mL
- Probeta
- Gotario
- Pinza de madera.
- Trípode, rejilla y mechero.

### Reactivos

- 10 mL de solución de ninhidrina ( $C_9H_6O_4$ )
- Muestras de huevo, leche, carne, gelatina, queso y cereales.
- Glicina, tirosina, albúmina y/u otros aminoácidos que estén presentes en el laboratorio de tu escuela, idealmente tres.
- Agua destilada

## Identificando aminoácidos

### Estudiaremos

Técnica para identificar aminoácidos.

### Introducción

Los aminoácidos están presentes en nuestra dieta cotidiana, en alimentos como leche, carnes y cereales, los que permiten la formación de proteínas que cumplen funciones de importancia vital.

¿Por qué es importante consumirlos? Porque corresponde a un grupo de aminoácidos que nuestro cuerpo no sintetiza y por ende necesita adquirirlos a partir de las sustancias mencionadas.

Una forma de identificar aminoácidos es con ninhidrina, la cual al reaccionar con un aminoácido a altas temperaturas permite observar su presencia por la aparición de un color azul brillante. Realicen la actividad en forma grupal.

### PASO 1: La exploración

Observa atentamente los materiales solicitados. Si el objetivo de esta actividad experimental es determinar la presencia de aminoácidos por reacción con ninhidrina, ¿qué crees que se realizará durante el diseño experimental?

### PASO 2: Preguntas de exploración

Para guiar tu trabajo experimental, te invitamos a responder las siguientes preguntas:

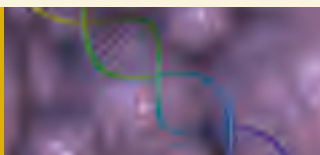
- a. ¿Qué es un aminoácido?
- b. ¿Por qué reacciona con la ninhidrina y forma un producto de color azul brillante?
- c. ¿Qué aminoácidos estarán presentes en las muestras que trajistes al laboratorio (leche, carne, cereales, etc.)?

### PASO 3: Formulación de hipótesis

Para desarrollar un trabajo serio y responsable, debes formular tus hipótesis considerando el objetivo del laboratorio y las respuestas dadas en el paso anterior.

### PASO 4: Diseño experimental

- 1 Enumeren cada tubo de ensayo. Todos deben estar limpios y secos. Utiliza tres para los aminoácidos que existan en el laboratorio de tu colegio y otros tres para cada una de las muestras que trabajarás en esta actividad experimental.
- 2 Al número 1 agrega 1 mL de glicina u otro aminoácido.
- 3 Al número 2 agrega 1 mL de tirosina u otro aminoácido.
- 4 Al número 3 agrega 1 mL de albúmina u otro aminoácido.



- 5 A los tubos enumerados del 4 al 6 agrega 1 mL de la muestra “problema” (huevo, leche, carne, gelatina, queso o cereales). En el caso de las muestras sólidas o gelatinosas, prepara una muestra disolviéndola en agua destilada y luego procede a filtrarla.
- 6 A cada tubo agrega 8 gotas de solución de ninhidrina.
- 7 En el vaso de precipitados de 500 mL dispón 300 mL agua y procede a calentarla hasta el punto de ebullición.
- 8 Con la ayuda de una pinza para tubos, disponlos desde el 1 al 6 al interior del vaso, y caliéntalos al bañomaría, como se observa en la siguiente figura:



**PASO 5: Registro de observaciones**

Para cada una de las actividades registren sus observaciones, como el color y comportamiento, entre otros aspectos.

**PASO 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Para ordenar las observaciones, completen la siguiente tabla:

Tubo	Muestra que contiene	Observaciones
1		
2		
3		
4		
5		
6		

**PASO 7: Análisis de datos**

- 1 Junto con tus compañeros y compañeras discutan y evalúen la hipótesis formulada. ¿Se acepta o rechaza?
- 2 ¿Cómo se relacionan las preguntas de exploración con las observaciones obtenidas durante el trabajo experimental?
- 3 De acuerdo a la tabla de observaciones, ¿qué pueden concluir?
- 4 Investiguen ¿Por qué es importante la ingesta de aminoácidos esenciales?

**PASO 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Considerando la investigación previa (preguntas de exploración) las observaciones experimentales y la hipótesis planteada, ¿qué puedes concluir?

Una vez formulada la conclusión, escojan como equipo de trabajo el medio más efectivo y atractivo para presentar sus resultados, haciendo hincapié en la ingesta de aminoácidos esenciales.

**PASO 9: Evaluación del trabajo realizado**

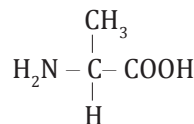
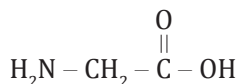
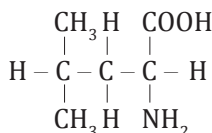
Evalúen los aprendizajes así como las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo. Marca en la tabla propuesta la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo realizado y luego comenta tus opiniones junto a tus compañeros y compañeras.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Puedo reconocer aminoácidos empleando ninhidrina.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
He practicado la observación durante el trabajo realizado.			
Actué coordinadamente con mi equipo.			
Mis compañeros y compañeras actuaron responsablemente.			

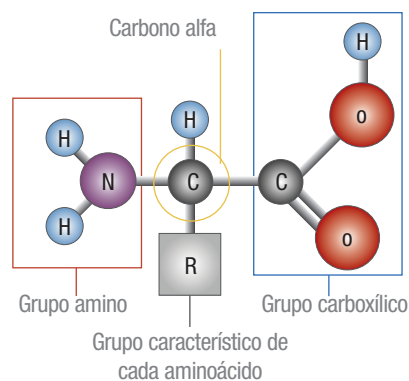
## 2. Aminoácidos

Observa atentamente las siguientes moléculas:



- ¿Qué grupos funcionales observas en cada una de ellas?
- A partir de los grupos funcionales presentes, ¿cuál sería la estructura general?
- Las moléculas presentadas corresponden a "aminoácidos". A partir de tus observaciones, ¿cómo podrías definir a un aminoácido?

Como pudiste observar, los **aminoácidos** en su estructura tienen un **grupo amino** ( $-\text{NH}_2$ ) y un **grupo carboxilo** ( $-\text{COOH}$ ), unidos al mismo carbono (C) denominado carbono alfa ( $\alpha$ ), al que en total se unen cuatro sustituyentes distintos, por ende es un carbono asimétrico (a excepción de la glicina, que es simétrico). Puedes observar en la siguiente imagen, la estructura general de los aminoácidos, donde R puede ser alifático o aromático, polar o apolar, ácido o básico y le dan al aminoácido su característica particular, diferenciando uno de otro. La estructura general de los aminoácidos se presenta en la siguiente figura:



Los aminoácidos constituyen los monómeros de las proteínas, macromoléculas orgánicas que cumplen diversas e importantes funciones en procesos biológicos vitales, tales como: acelerar reacciones químicas (enzimas); transporte de sustancias, (hemoglobina encargada de transportar el oxígeno) y funciones estructurales, como la queratina presente en el pelo o la elastina, que da vitalidad y elasticidad a la piel.

Los aminoácidos esenciales (que estudiaremos más adelante) son parte constituyente de muchas proteínas, deben ser consumidos a través de alimentos como el huevo, las carnes y la leche, para que sea posible la formación de proteínas; de lo contrario, éstas no se forma y por ende no cumplen su función.

### RECUERDA QUE

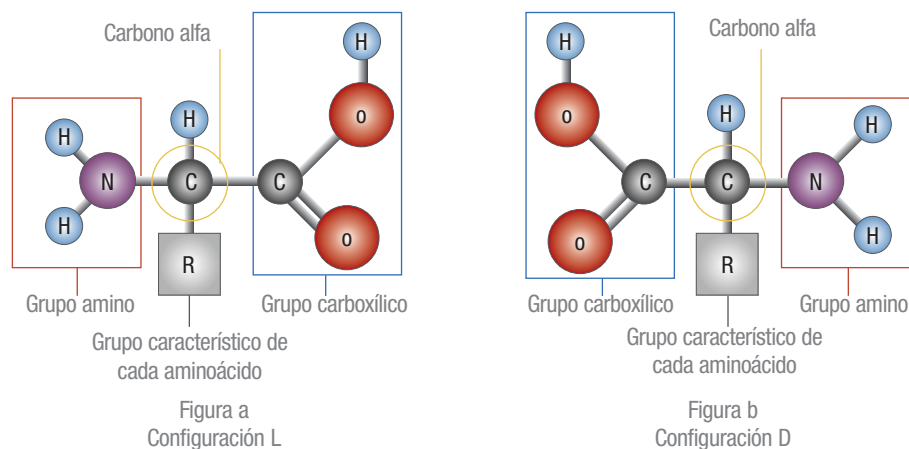
Recuerda que Los hidrocarburos alifáticos corresponden a compuestos de cadena abierta saturados o insaturados y los hidrocarburos aromáticos son compuestos que contienen unos o más anillos bencénicos. Los isómeros ópticos (enantiómeros), son moléculas que guardan entre sí una relación, objeto- imagen especular, es decir, no es superponible el objeto y su imagen.



### MÁS QUE QUÍMICA

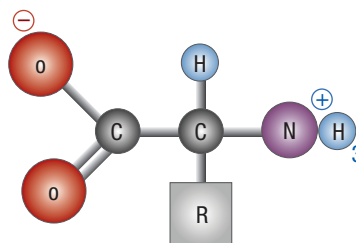
En el interior celular los aminoácidos predominan en forma de ión dipolar o zwitterion (del alemán ión híbrido). Los zwitteriones son especies polares y usualmente presentan una elevada solubilidad en agua y bastante baja en muchos disolventes orgánicos de carácter apolar.

La presencia del carbono asimétrico, hace que los aminoácidos presenten dos isómeros ópticos, cada uno con su ordenamiento espacial característico, como muestra la siguiente figura:



En la primera estructura (a), el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) está hacia la izquierda, conformación denominada “L” y en la segunda estructura (b), presenta el grupo ( $-\text{NH}_2$ ) hacia la derecha, configuración denominada “D”.

Como podrás observar, por su constitución química (un grupo amino y un grupo ácido carboxilo), los aminoácidos experimentan una reacción ácido-base que los transforma en un ión dipolar o zwitterion, en el que la carga positiva se ubica en el nitrógeno por la formación de un ión amonio, gracias a la ganancia de un hidrógeno, y una carga negativa en los oxígenos del anión carboxilato, por la pérdida de un hidrógeno, conformando la siguiente estructura:

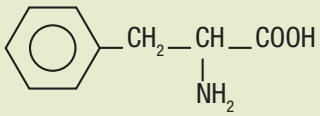
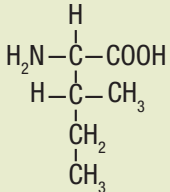
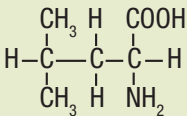
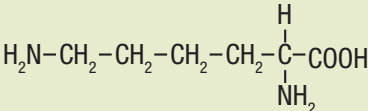
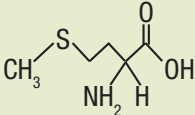
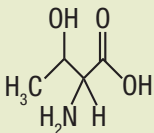
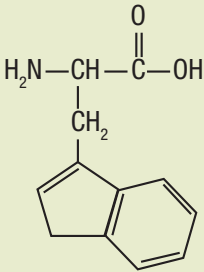
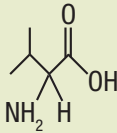
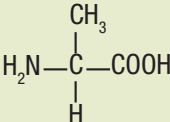


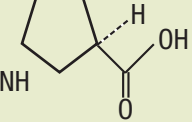
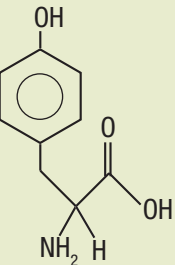
Entre las propiedades de los aminoácidos es relevante mencionar que tienen un carácter menos ácido que los ácidos carboxílicos y un carácter menos básico que las aminas, esto debido a que en la misma molécula coexisten un grupo de carácter ácido ( $-\text{COOH}$ ) y un grupo de carácter básico ( $-\text{NH}_2$ ), lo que determina tanto su carácter ácido-base como su solubilidad, puesto que será más soluble en agua cuanto mayor sea la polaridad del sustituyente “R”.



En la siguiente tabla se presenta la estructura de los aminoácidos, además de su carácter ácido o básico.

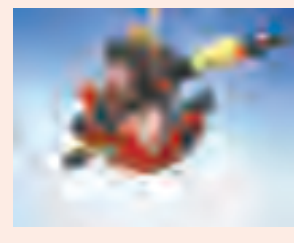
**Tabla 20**  
Estructura de los aminoácidos

Aminoácidos	Abreviatura	Estructura	Carácter ácido o básico
Fenilalanina	Phe		Neutro
Isoleucina	Lle		Neutro
Leucina	Lue		Neutro
Lisina	Lys		Básico
Metionina	Met		Neutro
Treonina	Thr		Neutro
Triptófano	Trp		Neutro
Valina	Val		Neutro
Alanina	Ala		Neutro

Arginina	Arg	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{HN}=\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Básico
Ácido aspártico	Asp	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ácido
Asparagina	Asn	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ácido
Cisteína	Cys	$\begin{array}{c} \text{HSCH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Neutro
Glutamina	Gln	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Básico
Ácido glutámico	Glu	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Ácido
Glicina	Gly	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Neutro
Histidina	His	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \end{array}$	Básico
Prolina (Iminoácido)	Pro		Neutro
Serina	Ser	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Neutro
Tirosina	Tyr		Neutro

**SABÍAS QUE**

La fenilalanina se convierte en tirosina al interior de nuestro organismo y al reaccionar ambas dan origen a la formación de la tiroxina y la adrenalina. Esta última (la adrenalina) es una hormona vasoactiva secretada en situaciones de alerta por las glándulas suprarrenales.



Los aminoácidos se distinguen de otras sustancias orgánicas porque tienen propiedades peculiares, por ejemplo:

- A temperatura ambiente son sólidos, porque tienen puntos de fusión superiores a los 200° C, mientras que los compuestos orgánicos de masa molecular similar son líquidos.
- Son solubles en agua, y muy poco solubles en solventes orgánicos, al igual que los compuestos iónicos.
- Y como se mencionó con anterioridad, son menos ácidos que los ácidos carboxílicos y menos básicos que las aminas.

### a. Aminoácidos esenciales

Son aquellos que no pueden ser sintetizados en el organismo, y por ende deben incorporarse en la dieta mediante ingesta de alimentos de origen animal como las carnes rojas, de ave, mariscos, la leche, el queso y los huevos y también gracias a algunos alimentos de origen vegetal, como los porotos, el arroz y el maíz.

Entre los aminoácidos esenciales están por ejemplo, la histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

#### SABÍAS QUE

En la década de los 80, la neurocientífica norteamericana Candace Pert descubrió que los péptidos son los mensajeros moleculares que facilitan la comunicación entre los sistemas nervioso, inmunológico y endocrino, convirtiendo tres sistemas distintos en una "red".

En sus estudios sobre "los péptidos de las emociones", propone que la mente se encuentra en todo el cuerpo. Abrió un nuevo campo de investigación para la medicina y la farmacología denominado psiconeuroinmunología.



### b. Aminoácidos no esenciales

Son aquellos que son sintetizados en el organismo. Estos son: alanina, arginina, asparagina, aspártico, cisteína, cistina, glutámico, glutamina, glicina, hidroxiprolina, prolina, serina y tirosina.



En el sitio

<http://www.fagro.edu.uy/~bioquimica/docencia/material%20nivelacion/2%20Aminoacidos%202010.pdf> podrás encontrar un texto en PDF, que te informa sobre la clasificación de los aminoácidos, de acuerdo a su polaridad.

### c. Enlace peptídico, péptidos y polipéptidos

Observa atentamente la ecuación química de la siguiente página, que representa la unión de dos aminoácidos:

¿Qué tipo de especies son los reactivos?

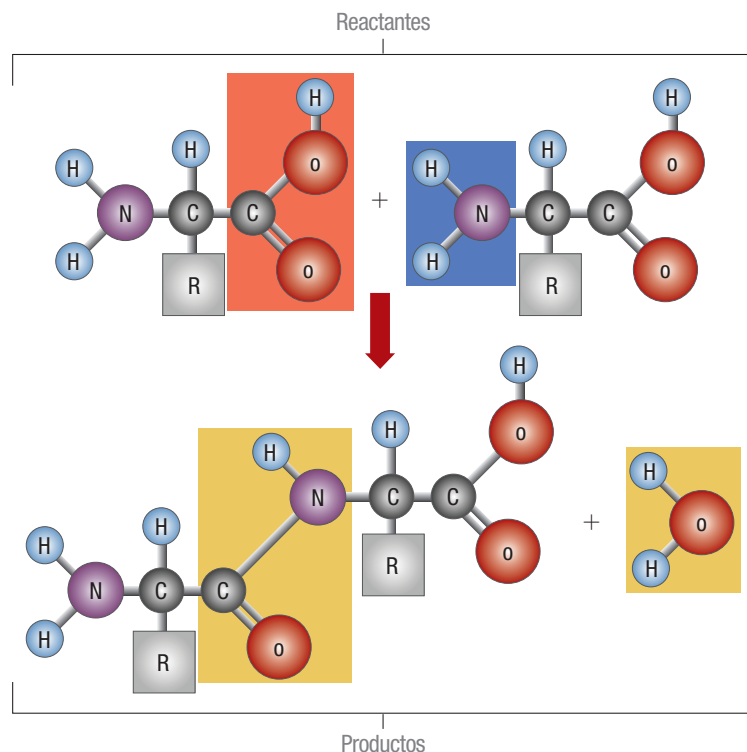
¿Qué grupos funcionales participan en la reacción?

¿Qué tipo de reacción se produce, de condensación o adición? Explica

¿Cómo se forma el agua?

¿Qué tipo de enlace se forma, covalente o iónico?, ¿porqué?



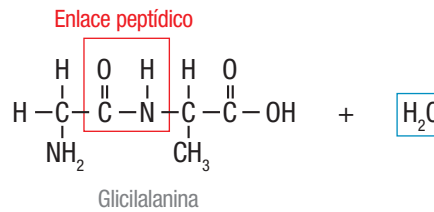
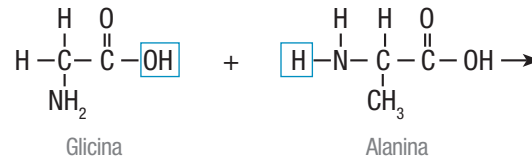


En color rojo se observa el grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) de un aminoácido y en color azul, el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) de otro aminoácido, que reaccionaron formando un enlace covalente denominado enlace peptídico, (en color amarillo) y la liberación de una molécula de agua (también en color amarillo). La molécula de agua se forma por la liberación del grupo  $\text{OH}^-$  proveniente del grupo  $-\text{COOH}$  y el  $\text{H}^+$  liberado del grupo  $-\text{NH}_2$ .

La unión de los aminoácidos por el enlace peptídico permite la formación de los  **péptidos**, cuya longitud y secuencia variable dependerán de la cantidad de enlaces que se produzcan. Para denominar a estas cadenas se utilizan los siguientes prefijos convencionales:

- **Dipéptidos:** dos aminoácidos unidos.
- **Tripéptidos:** tres aminoácidos unidos.
- **Tetrapéptidos:** cuatro aminoácidos unidos. Así sucesivamente hasta los;
- **Oligopéptidos:** número de aminoácidos unidos menor a 10.
- **Polipéptidos o cadenas polipeptídicas:** número de aminoácidos unidos mayor de 10.

Por ejemplo la glicina y la alanina pueden formar al dipéptido glicilalanina, a través de un enlace peptídico, como se observa en la siguiente figura:



En el sitio <http://www.fagro.edu.uy/~bioquimica/docencia/material%20nivelacion/2%20Aminoacidos%202010.pdf> podrás encontrar un texto en PDF, que te informa sobre la clasificación de los aminoácidos, de acuerdo a su polaridad.

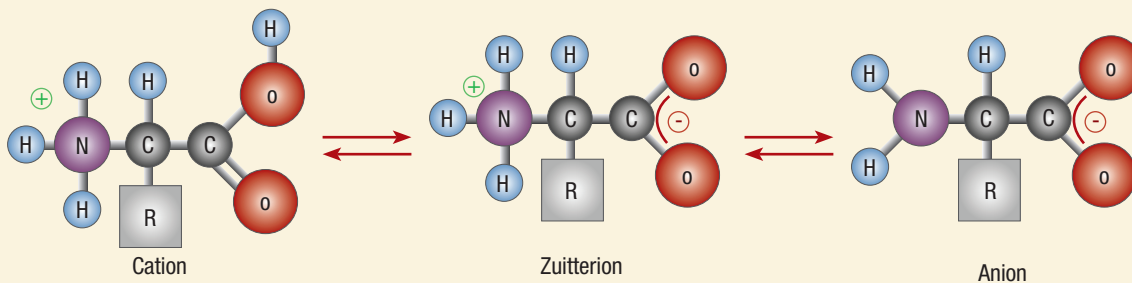
## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

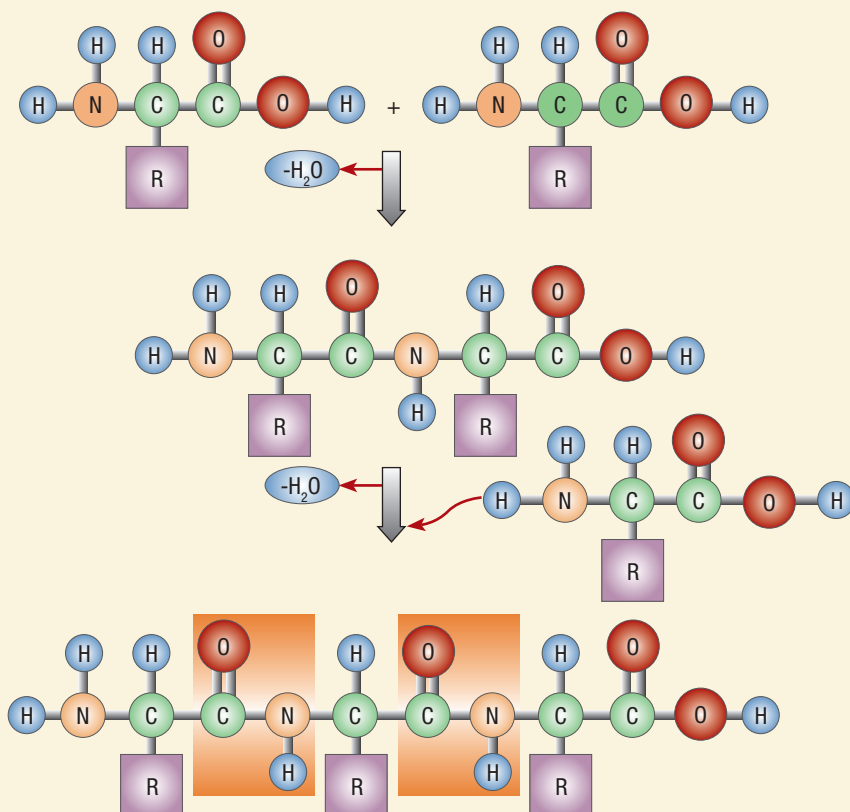
- Observar
- Investigar
- Identificar
- Clasificar
- Formular
- Inferir

- 1 Observando la tabla 20 que muestra las estructuras de los aminoácidos.
  - a. Identifica en la estructura de cada aminoácido, el sustituyente (R).
  - b. Clasifícalos como aminoácidos alifáticos, aromáticos o cíclicos.
  - c. Investiga la importancia de la glicina y la alanina.

- 2 ¿Qué representa la siguiente ecuación? Explica brevemente.



3. Observa atentamente el siguiente esquema:



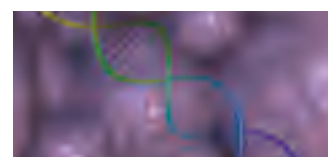
- ¿Qué representa el esquema?
- ¿Cuál de las cadenas corresponde a un dipéptido y cuál a un tripéptido?
- ¿Qué representan los cuadros de color rojo?
- Formula la ecuación química que representa la reacción de la última estructura.

4. Que péptidos se obtiene al hacer reaccionar los siguientes aminoácidos? Formula en cada caso la ecuación correspondiente.

- Alanina y cisteína.
- Glutamina y tirosina.



Hacer consciente tu proceso de aprendizaje te permitirá evaluar cuánto has avanzado desde el principio de la aventura de aprender hasta aquí. ¿Cómo va tu proceso de aprendizaje?, ¿qué has aprendido de los aminoácidos?, ¿son importantes en procesos biológicos vitales?, ¿reconozco como se unen los aminoácidos para formar polipéptidos?



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Identificar
- Comprender
- Elaborar
- Inferir
- Evaluar

### Materiales

- Vasos de precipitados de 500 y 250 mL.
- Probeta de 100 mL.
- Pipeta de 10 mL.
- Varilla de vidrio.
- Embudo analítico.
- Soporte universal.
- Papel filtro.
- Pinza para soporte.
- Gotario.
- Cuatro tubos de ensayos limpios y secos.
- Mechero, trípode y rejilla.
- Fuente o plato de loza.
- Un huevo.

### Reactivos

- Agua destilada.
- Agua potable.
- Alcohol desnaturalizado.
- Ácido clorhídrico diluido (HCl)

## Desnaturalización de las proteínas

### Estudiaremos

Estructura y desnaturalización de las proteínas.

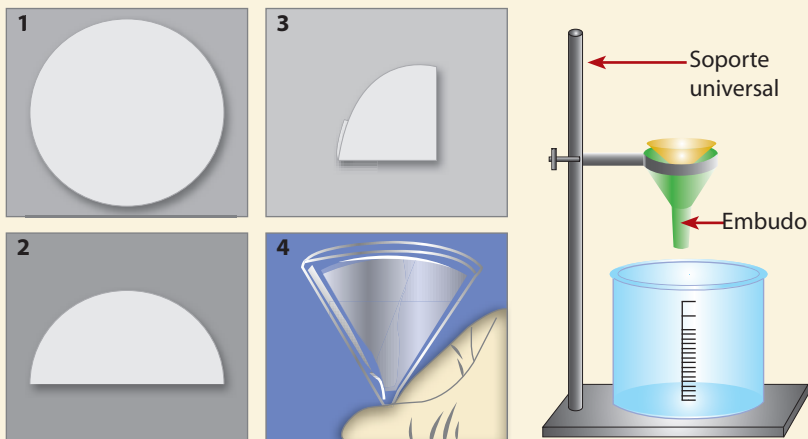
### Introducción

Como hemos aprendido, la unión de los aminoácidos por el enlace peptídico permite la formación de los péptidos, cuya longitud y secuencia variable dependerá de la cantidad de enlaces que se produzcan. Ellos son los que constituyen los monómeros de las proteínas, macromoléculas orgánicas que cumplen un importante rol en procesos biológicos. Las proteínas bajo ciertas condiciones se rompen o cambian, provocando un cambio en la disposición espacial de la cadena polipeptídica dentro de la molécula, desordenando su estructura, proceso conocido como desnaturalización o denaturación, que cambia sus propiedades y funciones, como su solubilidad y la actividad biológica, entre otras.

A diferencia de otras actividades experimentales, será deber del equipo diseñar y elaborar los pasos 1 al 3 y 5 al 8, pues se presenta solo el diseño experimental, cuya finalidad es comprobar experimentalmente los efectos de distintos agentes y condiciones desnaturalizantes sobre la proteína del huevo.

### Diseño experimental

- 1** Separa la clara del huevo y colócala en el vaso de precipitado de 500 mL.
- 2** En la probeta mide 100 mL de agua destilada y agrégala sobre la clara de huevo, vertiendo el agua lentamente por las paredes del vaso mientras vas agitando suavemente con la varilla de vidrio. Repite este paso dos veces más, de modo que la clara de huevo quede mezclada con 300 mL de agua.
- 3** Monta el equipo de filtración, compuesto por el embudo analítico, el papel filtro, un vaso precipitado y el soporte universal. Para colocar el papel filtro dentro del embudo, deben doblar el círculo de papel en cuatro, ábralo por el centro y formen un cono, como muestra la figura. Dispongan el cono dentro del embudo y humedézcanlo con agua destilada para que se adhiera a la pared del embudo. A continuación, procedan filtrar la solución de clara de huevo y agua.



- 4 Enumera los cuatros tubos de ensayo.
- 5 A cada uno de los tubos, con la ayuda de una pipeta, agrega 6 mL de la solución filtrada. Mantén el tubo número 4 en la gradilla, pues te servirá como control para comparar con los otros que serán sometidos a distintos efectos.
- 6 En el vaso de precipitados (de 250 mL), hierva 200 mL de agua potable y en su interior sumerge el tubo 1 que contiene 6 mL de filtrado y déjalo reposar. No olvides registrar tus observaciones.
- 7 Al tubo 2, agrega tres gotas de ácido clorhídrico diluido, agitando el tubo suavemente.
- 8 Al tubo 3, agrega tres gotas de alcohol desnaturalizado, agitando el tubo suavemente.

### Evaluación del trabajo realizado

Evalúen los aprendizajes, así como fortalezas y debilidades del trabajo en equipo. Marca en la tabla propuesta la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo realizado y luego comenta tus opiniones junto con tus compañeros y compañeras.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Desarrollamos la actividad diseñando y elaborando cada paso.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Comprendo el proceso de desnaturalización de las proteínas.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Actué coordinadamente con mi equipo.			
Mis compañeros y compañeras actuaron responsablemente.			



### Para reflexionar

- ¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?
- ¿Comprendo la importancia de los aminoácidos esenciales?
- ¿Entiendo que bajo ciertas condiciones (agentes físicos o químicos) las proteínas sufren desnaturalización, modificando así sus propiedades y funciones?

### AUTOCUIDADO Y MEDIO AMBIENTE

Trabajarás con un sistema que permite el calentamiento de sustancias, compuesto por trípode, rejilla y mechero. Recuerda tener mucho cuidado al calentar el agua, no mirar el recipiente desde arriba ni acercarte demasiado. Procede con precaución evitando accidentes. Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Depositen el agua y las disoluciones de los tubos, en los desagües y el resto de materiales en los basureros dispuestos en la sala.

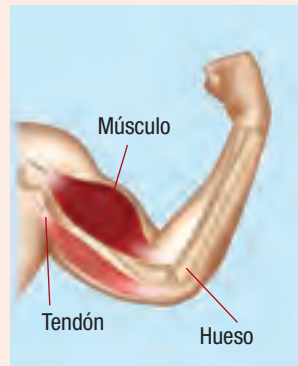




## 3. Proteínas

### SABÍAS QUE

La elastina es una proteína filamentosa que aparece en los tendones y cartílago elástico, otorgándole elasticidad al tejido que la posee.



- ¿Qué son las proteínas?
- ¿De qué están constituidas?
- ¿Qué funciones crees que cumplen en nuestro organismo?

Como hemos estudiado hasta aquí, cuando dos aminoácidos se unen se forman dipéptidos, tres darán origen a tripéptidos, y así sucesivamente. En otras palabras, cuando la masa molecular del polímero es inferior a 10.000 unidades, se llaman polipéptidos. Si por el contrario, es superior a ese valor, hablaremos de **proteínas**, que tienen masas moleculares altas, entre los 5.000 y  $1 \cdot 10^7$  gramos o el número de aminoácidos que la constituyen es superior a 100.

Las proteínas, como biopolímeros, están constituidas por aminoácidos como estructuras fundamentales, es decir, como **monómeros**. Se originan por reacciones de polimerización por condensación, que estudiaste en la tema 1 de la presente unidad.

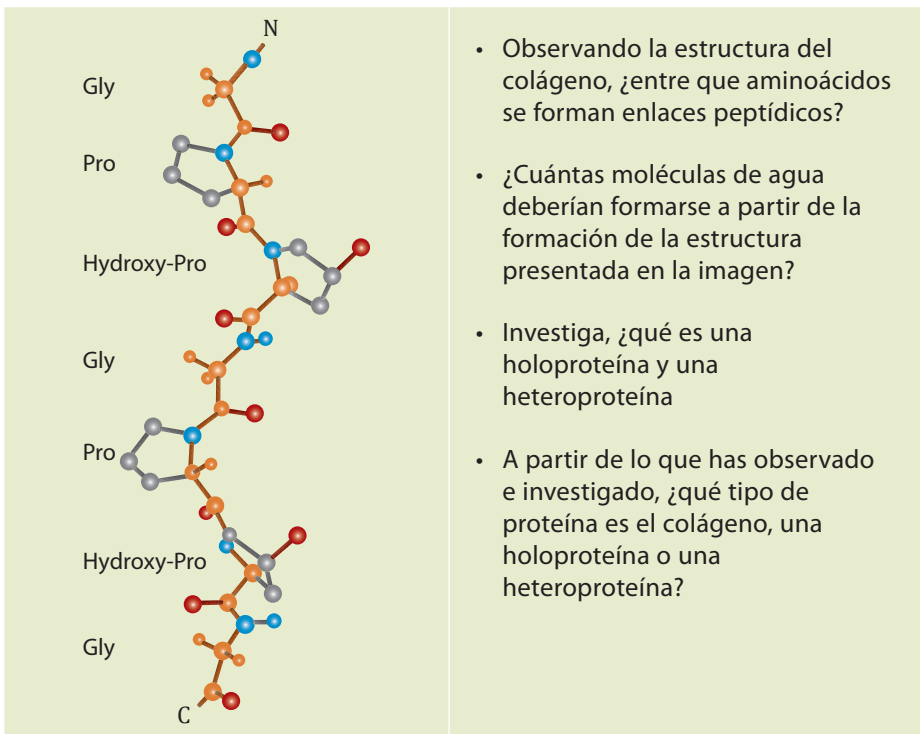
Son las macromoléculas más abundantes en la célula, ya que intervienen tanto en aspectos estructurales tales como en los procesos metabólicos de todos los seres vivos. Cumplen además innumerables funciones en nuestro organismo, por ejemplo, forman parte de estructuras corporales como la piel, el pelo y las uñas; participan en la reparación de tejidos y son parte constituyente de muchas enzimas que regulan reacciones metabólicas; también de anticuerpos que participan en la defensa del organismo; de hormonas que regulan funciones corporales y de neurotransmisores, los cuales intervienen en la transmisión de impulsos nerviosos; intervienen directamente en el crecimiento, la producción de leche materna y la estructuración y mantención de músculos, de hecho, el 50 % y más de nuestra masa del cuerpo libre de agua, corresponde exclusivamente a las proteínas que nos constituyen.

### a. Clasificación de las proteínas

Las proteínas se pueden clasificar en dos grandes grupos (que estudiaremos más adelante). Dentro de uno de estos grupos, se encuentra el **colágeno**, que es considerado como la proteína más abundante en los animales superiores, pudiendo suponer un tercio de todas las proteínas del cuerpo. Está formado por muchos aminoácidos, pero principalmente por glicina, prolina e hidroxiprolina. Entre sus propiedades, se encuentran: gran resistencia a la tensión.

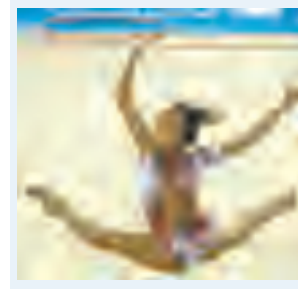
Su función más importante es brindarle al organismo el armazón o matriz de sustentación en el que toman forma los órganos y tejidos, siendo además responsable por la firmeza, elasticidad e integridad de las estructuras e hidratación del cuerpo. Así, mientras más joven es una persona mayor es su elasticidad y flexibilidad gracias al alto contenido de colágeno que posee.

La molécula de colágeno es una estructura helicoidal compleja cuyas propiedades mecánicas se deben tanto a su composición biomecánica, como a la disposición de sus moléculas, observa atentamente:



### MÁS QUE QUÍMICA

El colágeno es una de las proteínas más abundantes, conformada por glicina, prolina e hidroxiprolina fundamentalmente, siendo sus principales propiedades su gran resistencia a la tensión. Su función más importante es brindar al organismo el armazón o matriz de sustentación en el que toman forma los órganos y tejidos, siendo además responsable por la firmeza, elasticidad e integridad de las estructuras e hidratación del cuerpo. Así, mientras más joven es una persona mayor es su elasticidad y flexibilidad gracias al alto contenido de colágeno que posee.



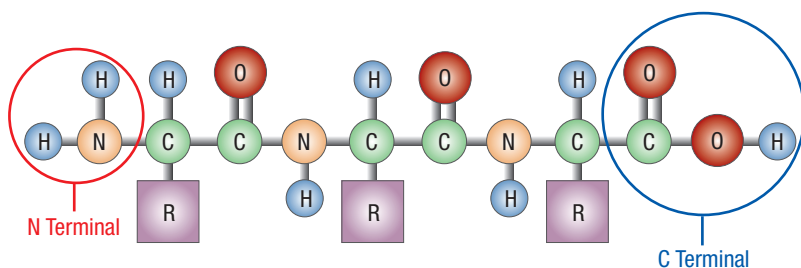
#### a.1. Simples u Holoproteínas

Las holoproteínas son aquellas que en su estructura contienen sólo aminoácidos. Se subdividen en esferoproteínas como la protaminas, histonas y gluteninas, y en las escleroproteínas, entre ellas colágeno, elastina y queratina.

#### a.2. Conjugadas o heteroproteínas

Las heteroproteínas además de aminoácidos presentan un grupo prostético (distinto a los aminoácidos). Entre ellas se encuentran las glucoproteínas, nucleoproteínas y lipoproteínas, esta última formada por una parte proteica y otra lipídica.

Cada uno de los elementos de la cadena polipeptídica ya no es un aminoácido en sí mismo, sino un producto de condensación al que se le denomina residuo. Como el enlace peptídico se da entre el grupo carboxilo y amino de los aminoácidos, la cadena polipeptídica tendrá un extremo amino libre denominado N terminal y un extremo carboxilo libre, llamado C terminal, como representa la siguiente figura:



**SABÍAS QUE**

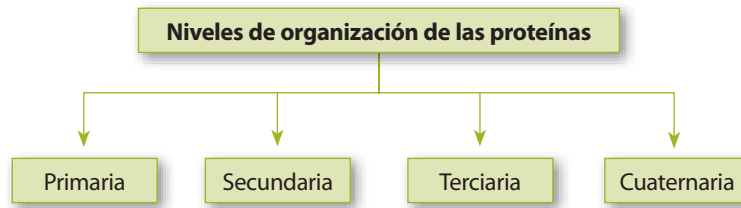
La secuencia de la proteína de estructura primaria puede verse alterada si en ella intervienen aminoácidos esenciales que dejamos de consumir en la dieta alimentaria, obligando a nuestro organismo a destruir sus propias proteínas.



**b. Estructura de las proteínas**

Las proteínas presentan varios niveles estructurales de organización y su descubrimiento, estudio y comprensión ha permitido a los científicos comprender el importante rol biológico que cumplen.

Estructuralmente se conocen:



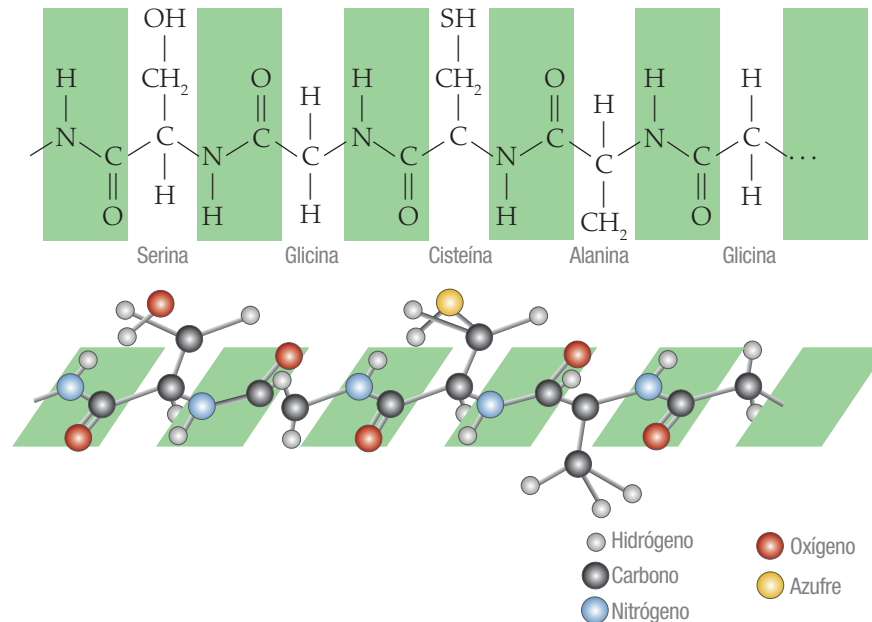
**b.1. Primaria**

Corresponde a una cadena polipeptídica lineal de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, en la que se observa un grupo amino terminal (N terminal) y un grupo carboxilo terminal (C terminal), entre los cuales se encuentra un residuo completamente lineal, sin ninguna ramificación.

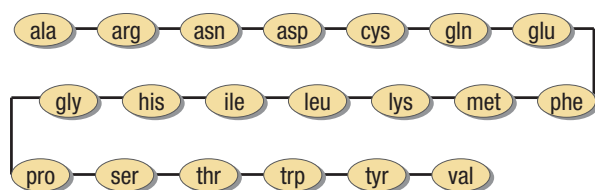
La secuencia de una proteína se escribe enumerando los aminoácidos desde el grupo amino terminal hasta el grupo carboxilo terminal. Por convención, los aminoácidos se pueden nombrar con las tres primeras letras de su nombre; por ejemplo, ala es la alanina.

Las siguientes imágenes representan estructuras primarias:

Estructura Primaria (Molécula)



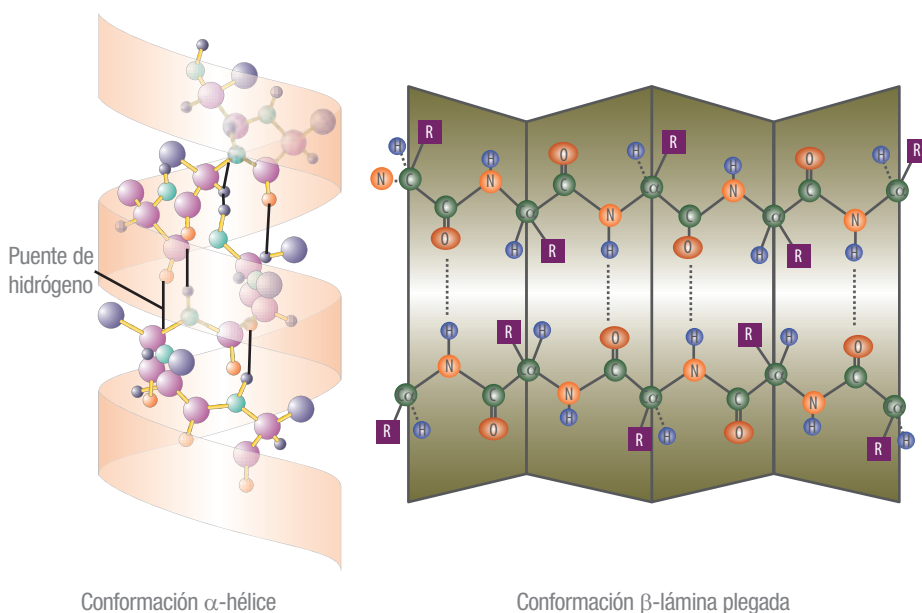
Estructura primaria (aminoácidos empleados, con abreviaciones y secuencia):



### b.2. Secundaria

La estructura secundaria corresponde a la disposición espacial de la cadena, en la que puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos C=O y N-H tienden a plegar la cadena, otorgándole una conformación espacial estable o secundaria.

Existen dos tipos de conformaciones estables, la alfa - hélice ( $\alpha$  - hélice) y la beta - lámina plegada ( $\beta$  - lámina plegada), como se muestra a continuación:



Conformación  $\alpha$ -hélice

Conformación  $\beta$ -lámina plegada

En la conformación  $\alpha$  - hélice, la cadena polipeptídica se enrolla helicoidalmente en torno a un eje, y se mantiene unida debido a la gran cantidad de puentes de hidrógeno que se producen entre los grupos C=O de un aminoácido y el grupo N-H del cuarto aminoácido que le sigue en la secuencia. Los grupos R con más volumen quedan orientados hacia la periferia de la hélice, logrando disminuir el efecto estérico. Las proteínas que forman el pelo, por ejemplo, tienen una estructura  $\alpha$ -hélice.

En la conformación  $\beta$  - lámina plegada, las cadenas polipeptídicas se alinean unas junto a otras, formando láminas. La estabilidad de esta conformación se debe a la asociación de varias moléculas con la misma disposición espacial. Entre estas moléculas se establecen puentes de

### RECUERDA QUE

Los puentes de hidrógeno, es un tipo de atracción que se forma entre un átomo de hidrógeno y un átomo muy electronegativo.

### MÁS QUE QUÍMICA

El efecto estérico tiene relación con el volumen de los sustituyentes. Cuando un sustituyente produce interacciones espaciales entre sus átomos y otros átomos o grupos de átomos, se produce el efecto estérico del sustituyente. En general, a mayor efecto estérico (mayor volumen), menor es la probabilidad de reactividad y más estable es la molécula.

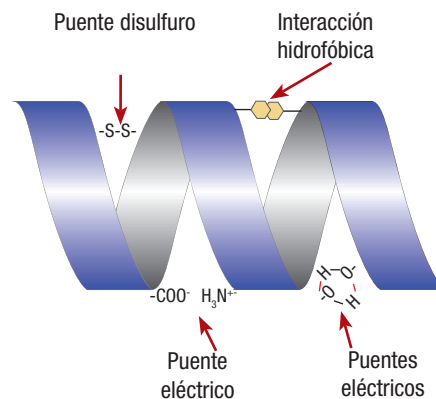
hidrógeno, formando así una lámina plegada. Los grupos R de los aminoácidos se disponen por encima o por debajo del plano de la lámina. Un ejemplo de este tipo de proteínas, son aquellas que constituyen la piel.

### b.3. Terciaria

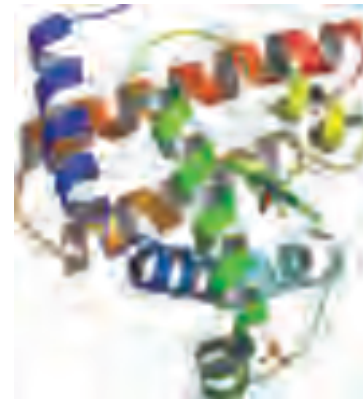
La estructura terciaria corresponde a la forma tridimensional que tiene una proteína, que se “enrolla” sobre sí misma por la acción de interacciones entre los aminoácidos que la forman, adoptando una configuración tridimensional globular. Dichas interacciones ocurren entre los sustituyentes (R) que los constituyen y pueden ser de variados tipos, entre ellos: puentes de disulfuro, puentes de hidrógeno, etc.

Esta estructura globular facilita la solubilidad en agua y algunas funciones importantes de las proteínas como las de transporte, hormonales, enzimáticas, entre otras. Asimismo, son constituyentes de los músculos y de los tendones, por ejemplo.

Las siguientes figuras presentan la estructura terciaria de las proteínas. En la figura a se muestran las interacciones que pueden presentarse para originar la estructura globular y en la figura b, la estructura globular.



**Figura a**  
Interacciones entre sustituyentes (R) de los aminoácidos.



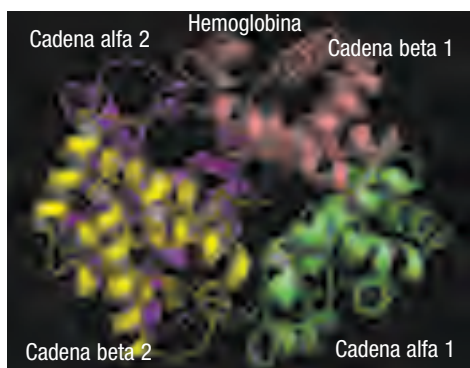
**Figura b**  
Estructura globular.

### b.4. Cuaternaria

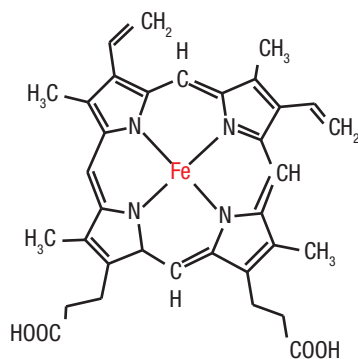
Las proteínas que presentan este tipo de estructura se diferencian de las que muestran estructuras secundarias y terciarias, por un aspecto muy relevante. Tanto en las secundarias como en las terciarias, la estructura es el resultado de las interacciones internas de una cadena polipeptídica única; en cambio, las proteínas de estructura cuaternaria presentan más de una cadena, entre las cuales se producen interacciones, configurando un arreglo espacial que da origen a un complejo proteico, que se denomina “estructura cuaternaria”, pues cada cadena actúa como una subunidad que tiene un arreglo espacial y que mantiene al resto por la interacciones mencionadas.



Las proteínas ribosómicas, algunas proteínas de membrana celular y muchas enzimas son ejemplos de estructuras cuaternarias, en las que los monómeros se ensamblan entre sí. Una de las estructuras más importantes en nuestro organismo lo constituye la hemoglobina, proteína formada por cuatro cadenas polipeptídicas, cada una de ellas unida a un grupo prostético (hemo). Como se observa en las siguientes imágenes:



**Figura a**  
Estructura cuaternaria de la hemoglobina.



**Figura b**  
Grupo prostético de la hemoglobina, que corresponde al componente no aminoacídico que forma parte de la estructura de algunas proteínas.

Independiente de la estructura que presente una proteína, esta mantiene su estabilidad estructural gracias a las uniones que existen entre los sustituyentes (R) de los aminoácidos que la componen, las que pueden ser de dos tipos: uno formado por enlaces covalentes entre los átomos de azufre (S), denominados puentes disulfuro (S-S), y el otro constituido por uniones intermoleculares que son más débiles que los enlaces covalentes, como son: puentes de hidrógeno, fuerzas de dispersión y atracciones ión dipolo y dipolo-dipolo.

Esas uniones intermoleculares cumplen una doble función. Por una parte, confieren la flexibilidad necesaria a las moléculas para romper estos enlaces débiles cuando es necesario y, por otra, un gran número de estas interacciones actuando simultáneamente, impiden que la estructura colapse, proporcionándole así una gran estabilidad en el tiempo.

Cuando las proteínas están en su conformación normal decimos que se encuentran en su estado nativo. Si cambian las condiciones físicas y químicas del medio (variaciones en el pH o la temperatura), la estructura de la proteína se altera; este proceso se conoce como **desnaturalización** (como estudiaste en la actividad de Ciencia en Acción "Desnaturalización de las proteínas")

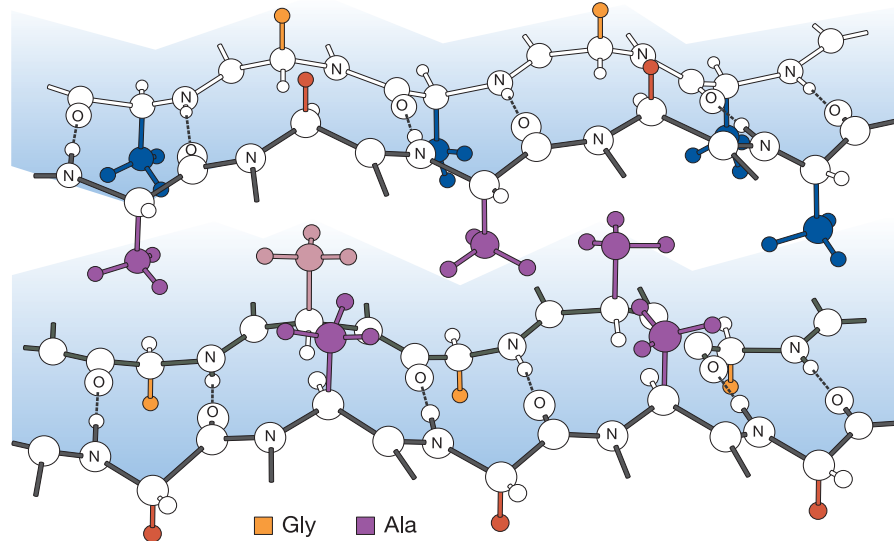
La desnaturalización que sufre una proteína altera su actividad biológica e incluso la pierde. Por ejemplo, la proteína del huevo se desnaturaliza al cocinarlo o batirlo, transformándose la albúmina en un compuesto fibroso e insoluble en agua.

## MÁS QUE QUÍMICA

La desnaturalización de las proteínas puede ser reversible o irreversible, pero cuando se rompen los enlaces disulfuros que contribuyen a la conformación de las proteínas, este proceso es normalmente irreversible. Bajo ciertas circunstancias puede ser o no reversible; esto último ocurre, generalmente cuando las condiciones de desnaturalización no han sido demasiado drásticas, ni el tiempo necesario.

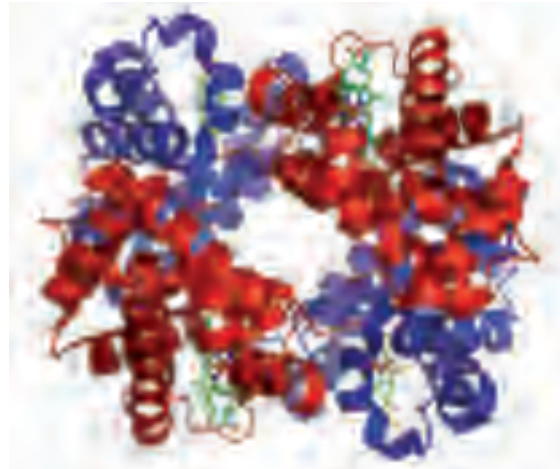
### b.4.1. Fibrosas

Corresponden a cadenas polipeptídicas que se encuentran ordenadas en paralelo a lo largo de un eje lineal, formando fibras o láminas. Estas proteínas se caracterizan por ser muy resistentes e insolubles en agua; por ello, biológicamente están asociadas a funciones estructurales. Entre ellas se encuentran el colágeno, responsable por ejemplo de la elasticidad de la piel; la alfa queratina, constituyente del pelo y las uñas, y la fibrina, constituyente de la seda, cuya estructura se presenta en la siguiente figura.



### b.4.2. Globulares

Esta proteína se caracteriza porque los polipéptidos que la conforman se ordenan en estructura esférica. Ejemplos de ellas son las enzimas y las hormonas peptídicas. La imagen presenta la hemoglobina, una de las proteínas globulares más importantes de nuestro cuerpo.



En el sitio [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap01/01\\_01\\_12.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap01/01_01_12.htm) podrás encontrar una clasificación de las proteínas, de acuerdo a su composición, morfología y solubilidad, y a su función biológica.

## DESAFÍO

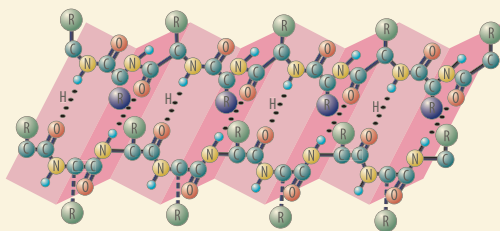
## Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Identificar
- Inferir
- Elaborar

1 Completa las siguientes oraciones empleando los siguientes conceptos: heteroproteínas, peptídico,  $\alpha$ -hélice,  $\beta$ -lámina plegada, puentes hidrógeno, naturales, nativo, primaria, flexibilidad, péptido, desnaturalización, estabilidad, holoproteínas, covalente, cuaternaria, aminoácidos.

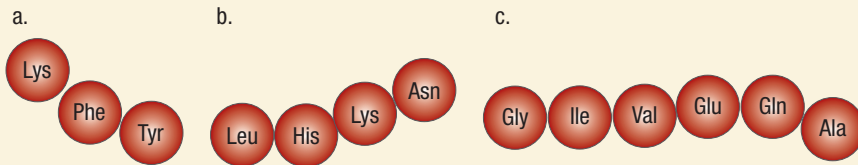
- a. Las proteínas son polímeros \_\_\_\_\_ cuyos monómeros son los \_\_\_\_\_.
- b. El enlace \_\_\_\_\_ es un enlace de tipo \_\_\_\_\_ que se forma por la unión del grupo amino de un aminoácido con el grupo carboxílico de otro aminoácido.
- c. Un \_\_\_\_\_ se forma por la unión de dos aminoácidos a través de un enlace peptídico.
- d. Las proteínas que en su estructura presentan solo aminoácidos se denominan \_\_\_\_\_, en cambio aquellas que presentan además de aminoácidos un grupo protético se llaman \_\_\_\_\_.
- e. En la estructura \_\_\_\_\_ de las proteínas, los aminoácidos están unidos por enlaces peptídicos linealmente.
- f. La estructura secundaria se forma cuando se establecen \_\_\_\_\_ entre los grupos C=O y N-H que tienden a plegar la estructura.
- g. En la conformación de estructura secundaria denominada \_\_\_\_\_ la cadena se enrolla helicoidalmente en torno a su propio eje, en cambio en la estructura \_\_\_\_\_, las cadenas se alinean unas junto a otras, formando láminas.
- h. La estructura \_\_\_\_\_ es la única en la que se requiere la interacción de dos o más cadenas.
- i. Las uniones intermoleculares le proporcionan a la proteína \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
- j. El estado \_\_\_\_\_ corresponde a la conformación normal de la proteína, mientras que la \_\_\_\_\_ corresponde a su estado alterado por factores como por ejemplo el aumento de la temperatura.

2 Observa atentamente la siguiente imagen y luego responde:



- a. ¿A qué estructura de proteína corresponde?
- b. ¿Cuántos enlaces peptídicos existen en total en la estructura?

- c. ¿Qué tipo de interacciones observas?
- d. ¿Cómo se transformaría la proteína observada en una de estructura primaria?
- e. ¿Qué debería suceder para que la estructura fuera terciaria?
- f. ¿Qué debería suceder para que la estructura fuera cuaternaria?
- 3** Se presentan fracciones de proteínas de estructura primaria. Para cada una, elabora la secuencia considerando la estructura original de cada aminoácido mencionado. En cada caso reconoce N terminal, C terminal, residuo y número de enlaces peptídicos.

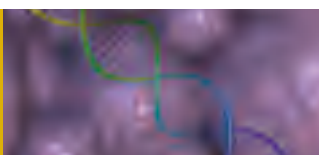


**Evaluación del trabajo realizado**

Evalúa el nivel de logro respecto al aprendizaje esperado y el trabajo realizado, marcando con una **X** la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Puedo identificar en una estructura primaria aminoácidos participantes y enlaces peptídicos formados.			
Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
Puedo identificar en una estructura secundaria aminoácidos participantes, enlaces peptídicos formados e interacciones.			
Practico la honestidad al presentar y discutir los resultados obtenidos.			
Conozco las diferencias fundamentales entre las estructuras que presentan las proteínas.			
Identifico aspectos estructurales relacionados con la composición y organización de las proteínas.			

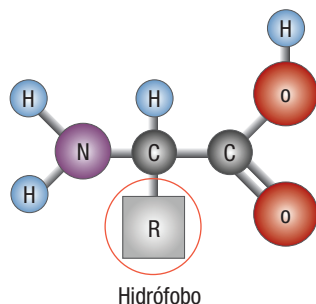


## c. Propiedades y funciones biológicas de las proteínas

Las propiedades y funciones de las proteínas, dependen de los sustituyentes (R) en los aminoácidos que la componen.

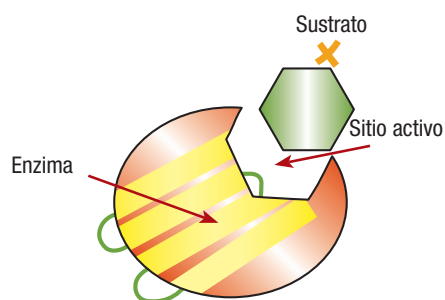
### c.1. Solubilidad

Los sustituyentes de los aminoácidos permiten a las proteínas interactuar con el agua. Si abundan sustituyentes hidrófobos, la proteína será poco o nada soluble en agua. Si predominan los radicales hidrófilos, la proteína será soluble en agua. Por ejemplo, las proteínas fibrosas son insolubles en agua, mientras que las globulares son solubles.



### c.2. Especificidad

Aparece como consecuencia de la estructura tridimensional de la proteína y hace referencia a la síntesis de proteínas exclusivas de cada especie. Por ejemplo, la especificidad de las enzimas en su unión con un sustrato.



#### Procedimiento:

- Separa la clara de la yema en cada huevo y coloca las claras en un recipiente
- En un vaso que contenga agua, agrega una cucharada de clara de huevo, y observa si se disuelve.
- Bate las claras que quedaron en el recipiente de plástico y hasta obtener un "merengue".
- Luego agrega una cucharada de merengue a un vaso que contenga agua y observa si se disuelve

#### Responde:

- 1 Investiga, ¿cómo está formada la clara de huevo?
- 2 ¿La clara de huevo, en cuál de sus dos formas (natural o batida) se disuelve en agua?, ¿por qué?
- 3 ¿Crees que las propiedades de la clara de huevo cambian, una vez que es batida? ¿Qué ocurre con los aminoácidos?

## ¡HAZLO EN TU CASA!

#### Habilidades a desarrollar:

- Aplicar
- Observar
- Investigar
- Deducir

#### Materiales

- Dos huevos que se encuentren a temperatura ambiente.
- Recipiente de plástico
- Dos vasos de vidrio
- Una cuchara
- Batidora
- Agua



### d. Proteínas funcionales: las enzimas

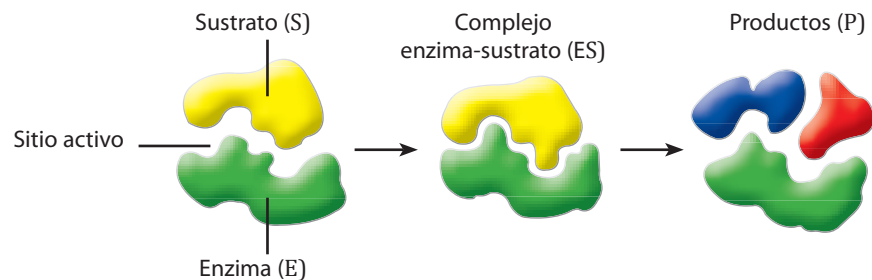
Como ya estudiamos en la unidad 2, las enzimas se pueden definir como catalizadores biológicos, capaces de acelerar las reacciones químicas que se producen en el organismo y que son necesarias para mantener su actividad biológica.

Su gran relevancia, es que son muy específicas, lo que significa que cada enzima realiza una determinada función, ya que tienen la capacidad de reconocer solo una molécula o una familia de moléculas parecidas en cuanto a su estructura. Esto último se debe a que la conformación de la proteína es flexible, y que al interactuar con la primera molécula, inicia pequeñas alteraciones en su conformación, facilitando así, el máximo nivel de interacción con otras moléculas similares en estructura.

La base de esta especificidad de acción de las enzimas es la conformación de la proteína que establece una región espacial localizada, que permite una interacción muy específica con otra estructura química complementaria a través de las interacciones intermoleculares. La especificidad de acción puede manifestarse, por ejemplo, frente a un receptor (acción fisiológica, farmacológica o tóxica).

Las enzimas son proteínas formadas por: aminoácidos estructurales, que constituyen el esqueleto de la enzima; aminoácidos de unión, que intervienen directamente en la formación del complejo enzima sustrato, y aminoácidos catalíticos, que actúan en la transformación química del sustrato. Estos tres tipos de aminoácidos explican la anatomía de una enzima, la que se modifica por un cambio conformacional para crear el **sitio activo** apropiado que se acomoda al **sustrato** sobre el que actúa. Cualquier cambio en estos aminoácidos produce la disminución e incluso la pérdida total de la actividad enzimática.

¿Recuerdas la siguiente imagen?



Corresponde al modelo “llave- cerradura” que explica de manera simplificada la acción de una enzima.

En cada enzima es posible reconocer uno o más sitios activos. La unión **sitio activo-sustrato** está determinada por el tipo de grupos radicales que se presentan en esta región de la enzima. Algunos radicales cargados positivamente, por ejemplo, se unen a los sitios eléctricamente negativos de la molécula del sustrato.

La amilasa, por ejemplo, es una enzima que ayuda a digerir los carbohidratos que consumimos diariamente. Se produce en el páncreas y en las glándulas salivales, gracias a ella el proceso digestivo es más rápido y efectivo.

**DESAFÍO****Habilidades a desarrollar:**

- Investigar
- Deducir
- Justificar

- 1 Responde las aseveraciones, anteponiendo una V si consideras que la información es verdadera y una F si la consideras falsa. Justifica las respuestas falsas.
  - a. \_\_\_\_ Las proteínas cumplen importantes roles y funciones, como por ejemplo: estructurales, de transporte y reserva, hormonal.
  - b. \_\_\_\_ Las proteínas serán menos solubles si los radicales hidrófilos abundan en su estructura.
  - c. \_\_\_\_ Las enzimas, no son proteínas.
  - d. \_\_\_\_ La miosina es una enzima que participa en los procesos de digestión.
  - e. \_\_\_\_ El colágeno es una proteína fibrosa, presente por ejemplo en la estructura del cabello y la piel.
  - f. \_\_\_\_ La caseína es una holoproteína que se emplea, entre muchas otras cosas, en la producción de productos alimentarios derivados de lácteos y carnes.
  - g. \_\_\_\_ La actina es una proteína abundante en el músculo esquelético, que permite su contracción.
- 2 Considerando lo que has investigado y aprendido a lo largo de esta unidad, comenta las siguientes frases:
  - a. "Las proteínas juegan un importante rol biológico".
  - b. "La función de las proteínas depende de su estructura".
- 3 Las enzimas son proteínas que afectan la cinética de diversas reacciones químicas, las que en muchos casos no ocurrirían sin su presencia. Un ejemplo claro del importante rol de estas proteínas lo constituye el proceso digestivo. Al respecto, investiga cual es el rol de al menos dos enzimas que participan en el proceso digestivo.



Tomar conciencia del proceso de aprendizaje te permitirá reforzar aquellos conocimientos que no has logrado comprender del todo. Para eso, responde honestamente las siguientes preguntas:  
 ¿Preparo las actividades que vamos a estudiar en las clases?,  
 ¿entiendo los conceptos estudiados hasta el momento?, ¿me interesa por participar en las clases y preguntar lo que no entiendo?, ¿me interesa por aprender cosas relacionadas con los temas de las clases en mayor profundidad?



En el sitio

<http://www.um.es/molecula/prot.htm> podrás encontrar información complementaria sobre las proteínas. Al final de la página se encuentran ejercicios y un test para evaluar tus conocimientos.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Formular
- Predecir
- Comunicar

### Materiales

- Una licuadora común.
- Colador pequeño.
- Tres tubos de ensayo con tapón.
- Un vaso de precipitados de 250 mL
- Pipeta de 5 mL
- Palillo de madera fino.

### Reactivos

- Espinacas, cebollas o semillas (garbanzos, porotos o lentejas).
- Jugo de piña o de papaya.
- Sal de mesa (cloruro de sodio, NaCl).
- Detergente líquido.
- Alcohol etílico 95%
- Agua destilada.

## EL ADN

### Estudiaremos

Extracción de ADN.

### Introducción

Los polímeros naturales o biopolímeros son muy importantes en nuestra vida. Desde la seda natural hasta la fibra más “intima” de nuestro cuerpo. Te invitamos a descubrir un rol indescriptiblemente fascinante que aún hoy, sigue siendo un misterio para el mundo científico. En esta oportunidad trabajarán en equipo en un interesante desafío, que incluso pueden realizar en sus casas, extracción del ADN.

### PASO 1: La exploración

Observen atentamente los materiales y reactivos que serán utilizados en esta práctica.

### PASO 2: Preguntas de exploración

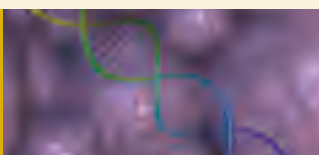
- 1 ¿Cuál será la finalidad de utilizar jugo de piña o de papaya?
- 2 ¿Qué diferencia habrá en la extracción del ADN de espinacas, cebollas o semillas?
- 3 ¿Qué otras preguntas de investigación se pueden plantear?

### PASO 3: Formulación de hipótesis

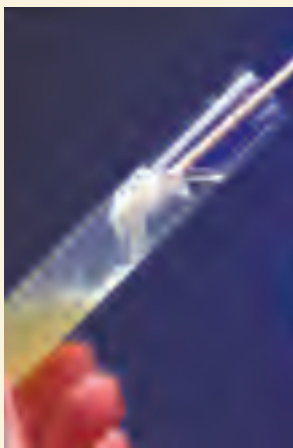
Considerando las preguntas de investigación, elaboren su hipótesis experimental.

### PASO 4: Diseño Experimental

- 1 Lo primero es tomar aproximadamente 1/2 taza de espinacas, una pizca de sal y una taza de agua. Todo eso se coloca en una licuadora y se procesa durante 15 segundos.
- 2 Filtrar la mezcla resultante con un colador, en el vaso de precipitados, para eliminar cualquier partícula de gran tamaño.
- 3 A la mezcla que obtuvieron agreguen 2 cucharaditas de detergente líquido y revuelvan sin formar espuma. Luego dejen reposar por 5-10 minutos. Finalmente coloca la mezcla en 3 tubos de ensayo (aproximadamente 1/3 del volumen del tubo).
- 4 Agregar a cada tubo 1 mL de jugo de piña o de papaya, colocar el tapón a cada tubo y agitar muy despacio. Si lo hacen rápidamente tal vez no logren ver nada al final del experimento.
- 5 Procedan a inclinar el tubo de la mezcla y viertan muy lentamente alcohol etílico 95% (tanto alcohol, como mezcla hay en el envase), de modo que se forme una capa sobre la mezcla anterior de espinacas.



- 6 El ADN comenzará a “coagular” como una masa blancuzca y subirá hasta la parte donde está el alcohol. Pueden retirarlo con la ayuda de un palillo de madera. En este caso las proteínas y la grasa se quedan en la parte acuosa de la mezcla y el ADN asciende hasta llegar al alcohol. Esta molécula es muy larga y tiende a agruparse, de ahí la facilidad para retirarla.



**PASO 5: Registro de observaciones y PASO 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Registren sistemáticamente cada una de las variaciones observadas y anótenlas en su cuaderno ordenadamente

**PASO 7: Análisis de resultados**

Considerando el diseño experimental realizado, procedan a evaluar las inferencias formuladas para las preguntas de investigación o exploración. Para facilitar el proceso de análisis, te proponemos además responder las siguientes preguntas.

- 1 El agua con una pizca de sal es una mezcla isotónica, ¿qué función cumple en este procedimiento?
- 2 ¿Para qué se usa el detergente?
- 3 ¿Por qué se consigue separar el ADN, después de agregar el alcohol?, ¿qué función cumple éste?
- 4 ¿Aceptan o rechazan sus hipótesis?

**PASO 8: Conclusión y comunicación de los resultados**

Finalmente, elaboren las conclusiones del trabajo realizado y procedan a comunicar los resultados del mismo mediante un informe de laboratorio, que considere todos los pasos del método científico. Pueden incluir las fotos que han tomado durante la experimentación.

**PASO 9: Evaluación del trabajo realizado**

Reflexiona y evalúa el aprendizaje, así como las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo, en torno a las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué aprendí sobre el ADN que no sabía?
- 2 La química es una ciencia que se complementa con la biología, ¿considero importante esa complementariedad?
- 3 ¿Es la química una herramienta valiosa para comprender los fenómenos que nos rodean?

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Trabajen con precaución, para evitar accidentes. Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad. Depositen las mezclas de los tubos, en los desagües y el resto de materiales en los basureros dispuestos en la sala.

## 4. Ácidos nucleicos

### MÁS QUE QUÍMICA



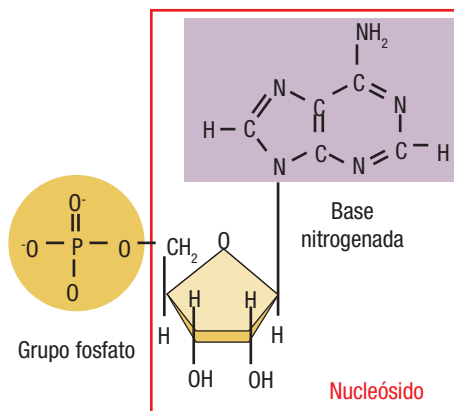
**Johan Friedrich Miescher**  
(1844- 1845)

Biólogo y médico suizo, que en 1871, aisló del núcleo de las células de pus una sustancia ácida rica en fósforo que llamó "nucleína". Un año más tarde, en 1872, aisló de la cabeza de los espermatozoides del salmón un compuesto que denominó "protamina" y que resultó ser una sustancia ácida y otra básica. El nombre de ácido nucleico procede del de "nucleína" propuesto por Miescher.

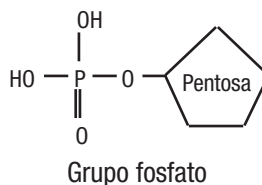
- ¿Sabes que es el ADN y cuál es su función?
- ¿En qué lugar de nuestro organismo se encuentra?
- ¿Qué propiedades químicas crees que presentan los ácidos nucleicos?

Los ácidos nucleicos son polímeros naturales de elevada masa molecular, que juegan un papel esencial en la síntesis de proteínas. Existen dos tipos de moléculas de ácidos nucleicos: ácidos desoxirribonucleicos (ADN) que almacena la información genética y ácidos ribonucleicos (ARN) que transporta dicha información. Se encuentran en el núcleo, organelos (mitocondria y cloroplastos) y en el citoplasma celular.

Ambos, están formados por monómeros llamados **nucleótidos**, cada uno de los cuales está formado a su vez, por un **grupo fosfato**, una **pentosa** y una **base nitrogenada**, la unión de las dos últimas se conoce como **nucleósido**, como se presenta en la siguiente imagen:



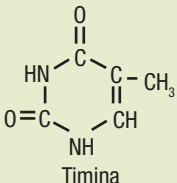
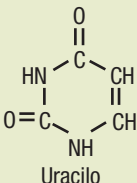
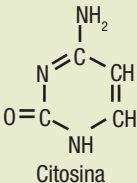
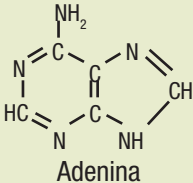
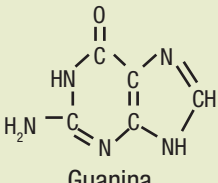
- **Grupo fosfato:** Proviene de una molécula inorgánica denominada ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), que al perder sus átomos de hidrógeno tiene enlaces disponibles para unirse a otros átomos como grupo fosfato. Está presente en ambos ácidos nucleicos, unido a la pentosa como muestra la siguiente imagen:



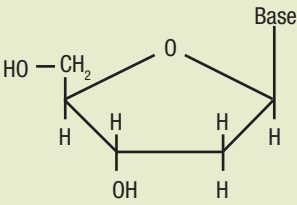
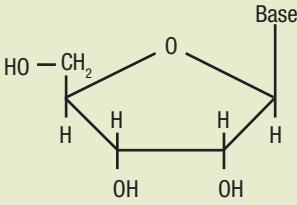


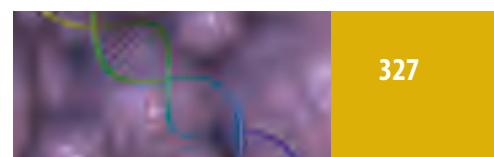
- **Base nitrogenada:** Es una estructura carbonada cíclica con propiedades básicas llamada "base heterocíclica". Tres de ellas son comunes entre las moléculas de ADN y de ARN, y dos específicas, como muestra la siguiente tabla:

Tabla 21  
Bases nitrogenadas

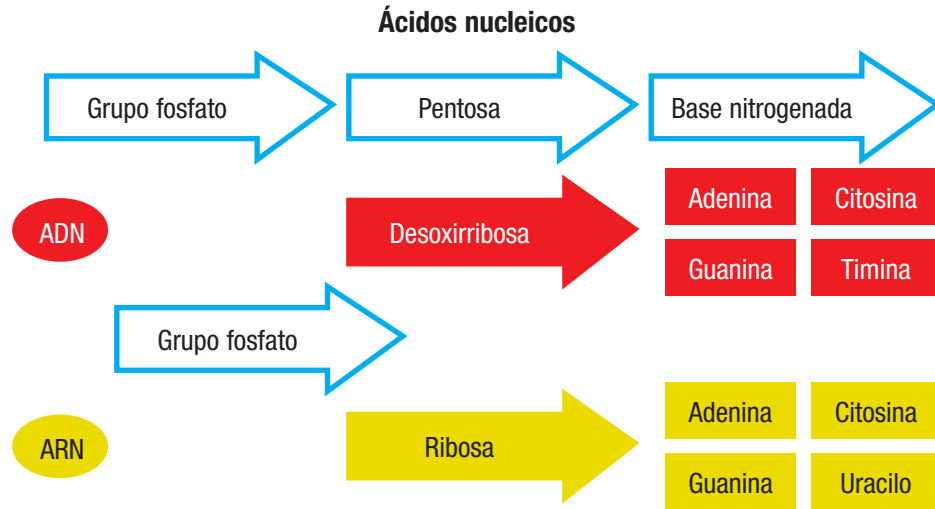
Bases	ADN	ARN
Pirimidinas	 <p>Timina</p>	 <p>Uracilo</p>
	 <p>Citosina</p>	
Purinas	 <p>Adenina</p>	
	 <p>Guanina</p>	

- **Pentosa:** Corresponde a un monosacárido (unidades básicas de los carbohidratos) de cinco átomos de carbono. En el ADN la pentosa corresponde a la desoxirribosa y en el ARN a la ribosa, cuyas respectivas estructuras se presentan en la siguiente imagen:

ADN	ARN
 <p>Desoxirribosa</p>	 <p>Ribosa</p>



En el siguiente recuadro observarás una síntesis de la estructura de los ácidos nucleicos:

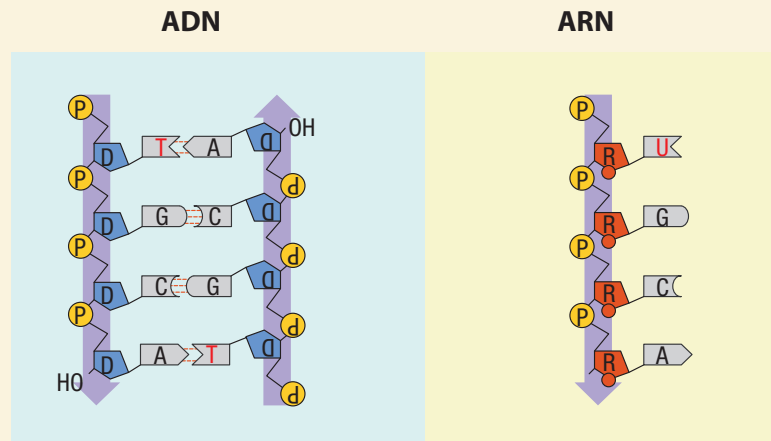


## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Inferir

1 Observa atentamente las cadenas de ADN y ARN que se presentan a continuación:



- a. ¿Qué diferencias y semejanzas observas al comparar ambas cadenas?
- b. ¿Cuál es la función del ADN y el ARN en nuestro organismo?  
Investiga.



Realizar procesos exhaustivos de investigación es una de las herramientas más valiosas del mundo científico. Desarrollarlo correctamente se aplica no solo a la Química, también es una habilidad para la vida.

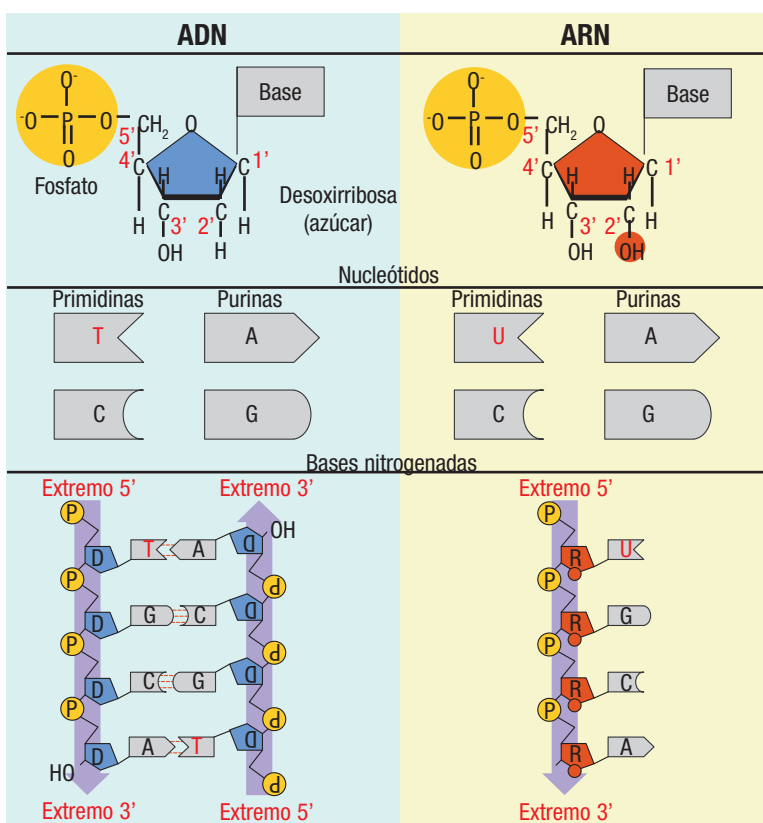
## a. Origen y estructura de los ácidos nucleicos

En 1953, James Watson y Francis Crick, basados en análisis químicos y en la difracción de rayos X, formularon la estructura de doble hélice para la molécula de ADN, estableciendo que corresponde a dos trenzas helicoidales en las que se observan: base nitrogenada, desoxirribosa y el grupo fosfato. Desde el punto de vista polimérico, esta estructura, al igual que el ARN, posee un "eje central" (columna vertebral) formado por el grupo fosfato y la pentosa, estructura a la cual están unidas covalentemente las bases nitrogenadas.

La clave para la estructura de doble hélice es la formación de enlaces de hidrógeno entre las trenzas. Aunque se pueden formar enlaces de hidrógeno entre cualquiera de las dos bases llamadas bases apareadas. Watson y Crick encontraron que las uniones más favorables se dan entre adenina y timina y entre citosina y guanina, como se observa en la siguiente figura:



El ARN no presenta estructura de doble hélice como el ADN. De hecho, la molécula de ARN existe como un polinucleótido de cadena simple. Hay tres tipos de moléculas de ARN, llamadas ARN mensajero (ARNm), ARN ribosomal (ARNr) y ARN de transferencia (ARNt). Observa la siguiente imagen, que compara estructuralmente el ADN y el ARN:



### MÁS QUE QUÍMICA



James Watson  
(1928 - )



Francis Crick  
(1916 - 2004)

James Watson, bioquímico y genetista estadounidense y Francis Crick, bioquímico inglés, recibieron el premio nobel de medicina en 1962, por el descubrimiento de la estructura molecular en doble hélice del ADN y por su significado como molécula transmisora de la herencia biológica.

Así como las proteínas presentan estructuras específicas, dependientes de las uniones e interacciones entre sus estructuras básicas llamadas aminoácidos, los ácidos nucleicos también presentan estructuras asociadas a las uniones e interacciones entre sus unidades fundamentales, los nucleótidos. Las estructuras de los nucleótidos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 22**  
**Estructura de los Ácidos Nucleicos**

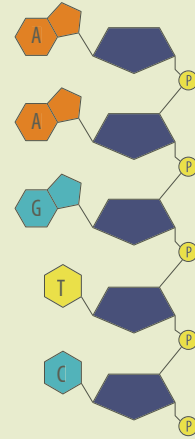
**RECUERDA QUE**

Es de vital importancia para comprender la estructura y función de los ácidos nucleicos, distinguir entre:

- Nucleósido = Pentosa + Base nitrogenada.
- Nucleótido = Pentosa + Base nitrogenada + Ácido fosfórico.
- Polinucleótido = Nucleótido + Nucleótido + Nucleótido.

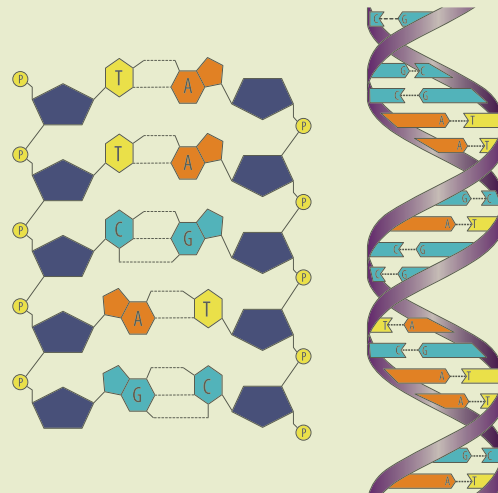
**Estructura primaria**

Secuencia líneal o única de nucleótidos, formando una única hebra.



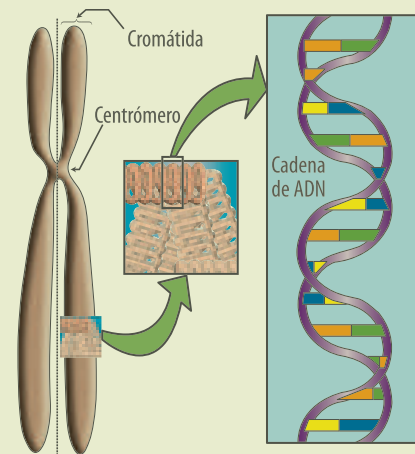
**Estructura secundaria**

Se forma cuando dos hebras de polinucleótidos "antiparalelas" (dispuestas en sentido contrario) se complementan, es decir, sus bases nitrogenadas están frente a frente y unidas por puentes de hidrógeno. Esta interacción provoca que ambas se enrollen formando una doble hélice, similar a un espiral.



**Estructura terciaria**

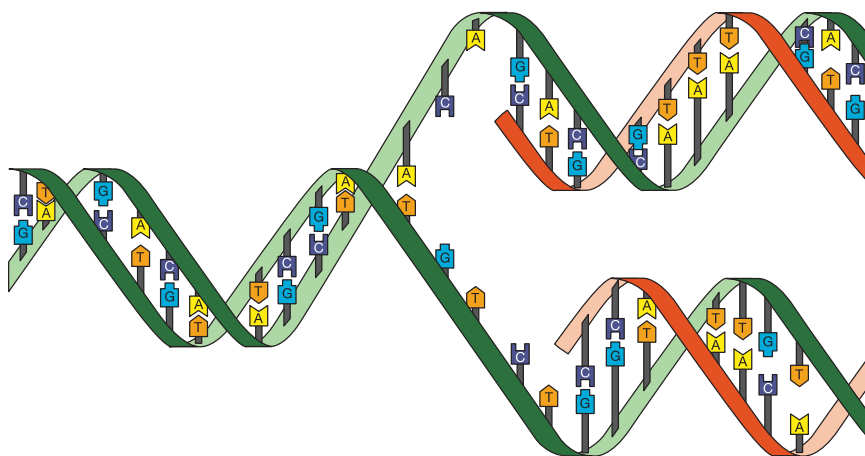
Corresponde a los niveles de empaquetamiento de la doble hélice del ADN para formar los cromosomas.



## b. El mensaje genético

La función más importante de los ácidos nucleicos es conservar y transmitir la información genética desde una célula madre a cada una de las células hijas, permitiendo así que entre ellas se transmitan de manera exacta características particulares y especiales.

Para que este hecho se produzca, al interior de cada célula se produce un proceso de “**replicación**” del ADN antes de la división celular, en el cual la doble hélice se abre o desenrolla parcialmente y sobre cada una de las hebras se comienza a sintetizar una cadena complementaria. Requiere proteínas iniciadoras especiales y además enzimas conocidas como **helicadas**, que rompen los puentes de hidrógeno abriendo la hélice, formándose las horquillas de replicación, que dan lugar a la separación de las ramas del ADN. Una vez abierta la cadena de ADN, proteínas adicionales (conocidas como proteínas de unión a cadena simple o topoisomerasas) se unen a las cadenas individuales del ADN manteniéndolas separadas y evitando que se retuerzan. Luego las enzimas llamadas ADN polimerasa catalizan la síntesis real de las nuevas cadenas, añadiendo nucleótidos sobre el molde, las que se dan bidireccionalmente y se replican en sentido opuesto. Observa atentamente la siguiente figura:



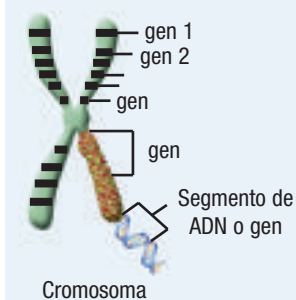
La expresión de la información genética necesita que el mensaje del ADN se copie en moléculas parecidas, conocidas como ácidos ribonucleicos (ARN).

Cuando una parte de la información contenida en la molécula de ADN debe ser utilizada en el citoplasma de la célula para la construcción o síntesis de las proteínas, es **transcrita** bajo la forma de una pequeña cadena de ácido ribonucleico, denominado ARN mensajero (ARNm), el que utiliza las mismas correspondencias de base que el ADN, pero reemplaza la timina por uracilo y desoxirribosa por ribosa. Así la **transcripción** es el proceso por el cual la información contenida en el ADN se “copia” en el ARN mensajero (ARNm).

Finalmente la traducción es la última etapa de la expresión genética y corresponde a la síntesis de proteína o polipéptidos a partir de la lectura del ARNm.

## MÁS QUE QUÍMICA

El cromosoma es una hélice lineal compuesta de ADN y proteína que se encuentra en el núcleo de la célula eucarionte y que contiene los genes. El gen es la unidad de herencia que corresponde a un segmento de ADN. Están formados por dos cadenas de ADN repetidas que se espiralizan y se mantienen unidas, de forma que en un cromosoma se distinguen dos partes que son idénticas y reciben el nombre de cromátidas, que se unen por un punto llamado centrómero. El centrómero divide a las cromátidas en dos partes que se denominan brazos.





MÁS QUE QUÍMICA



**Paul Berg**  
(1926 - )

Bioquímico estadounidense. En 1980, recibe el premio Nobel de Química, por sus trabajos fundamentales acerca de la bioquímica de los ácidos nucleicos, haciendo mención especial al ADN híbrido. El galardón lo compartió con Walter Gilbert y Frederick Sanger.

Un **codón** es un triplete de nucleótidos que constituye la unidad básica de información en el proceso de traducción. Cada codón codifica un aminoácido y esta correspondencia es la base del código genético que permite traducir la secuencia de ARN mensajero, a la secuencia de aminoácidos que constituye la proteína. A continuación se presenta la siguiente tabla de codones:

**Tabla 23**  
Codones. Los 64 tripletes posibles

		2° base				
		U	C	A	G	
1° base	U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína	<b>U C A G</b>
		UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína	
		UUA Leucina	UCA Serina	UAA Término	UGA Término	
		UUG Leucina	UCG Serina	UAG Término	UGG Triptófano	
	C	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina	<b>U C A G</b>
		CUC Leucina	CCC Prolina	CAC Histidina	CGC Arginina	
		CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina	
		CUG Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina	
	A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Asparagina	AGU Serina	<b>U C A G</b>
		AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Asparagina	AGC Serina	
		AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina	
		AUG Inicio (Metionina)	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina	
G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU Ácido aspártico	GGU Glicina	<b>U C A G</b>	
	GUC Valina	GCC Alanina	GAC Ácido aspártico			GGC Glicina
	GUA Valina	GCA Alanina	GAA Ácido aspártico			GGA Glicina
	GUG Valina	GCG Alanina	GAG Ácido aspártico			GGG Glicina



En el sitio

<http://www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/molgenetics/dna-rna2.swf> podrás encontrar una animación que muestra el proceso de replicación del ADN y las enzimas que intervienen en el proceso.

## DESAFÍO

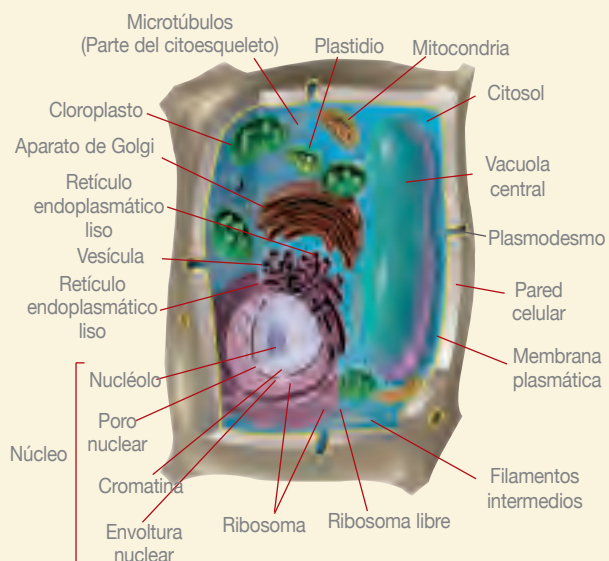
### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Analizar
- Identificar
- Definir
- Juzgar

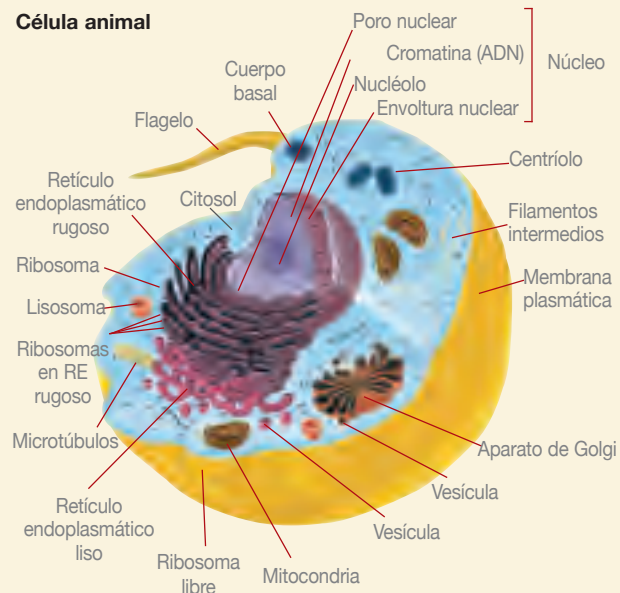
1 Responde las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la importancia biológica de la replicación del ADN, la transcripción y traducción? Investiga.
- De acuerdo a lo estudiado e investigado, ¿cómo se explica que padres e hijos presenten características físicas similares?
- Observa atentamente las siguientes imágenes:

### Célula vegetal

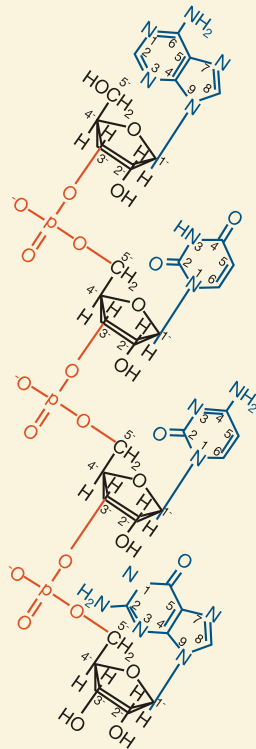


### Célula animal



Como has aprendido, cada especie que existe en la naturaleza se diferencia de la otra por la forma en que se han diseñado sus nucleótidos en el ADN; por lo tanto, el ADN debe emitir un mensaje desde el núcleo -vía ARN- para la fabricación de las proteínas propias de cada individuo. Considerando esta afirmación, investiga y responde:

- a.Cuál es la función en la célula de los siguientes organelos: mitocondria, cloroplastos, ribosomas.
  - b.¿Por qué son importantes las plantas verdes para la vida animal?
  - c.¿Qué relación se puede establecer entre la célula animal y vegetal, desde el punto de vista de la síntesis de proteínas?
- 2** Define los siguientes conceptos y explica su importancia:
- a. Nucleótido
  - b. Nucleósido
  - c. Codón
  - d. ADN
  - e. ARN
- 3** En las siguientes imágenes, identifica: bases nitrogenadas pintándolas de color rojo, pentosas coloreándolas en azul y grupos fosfatos en color amarillo. Enumera los enlaces puente hidrógeno y explica qué estructura presentan. Señala finalmente si corresponden a ARN o ADN.



**4** Lee el siguiente texto, y luego responde las preguntas:

El Doctor Manuel Santos Alcántara, profesor del Departamento de Biología Celular y Molecular y Pediátrica de la Pontificia Universidad Católica de Chile en la revista de estudios médico humanista en el volumen 13, Nº 13 publica el artículo titulado “Manipulación genérica de seres humanos”. Luego de hacer un análisis de la situación actual de la clonación, la eugenesia y la bioética, concluye respecto al análisis y reflexión de la información, lo siguiente:

“Si bien los grandes avances científicos en la esfera biológica y genética han invadido el terreno de la intimidad de los seres humanos, obligando a la sociedad a plantearse preguntas básicas acerca de nuestra naturaleza, no es menos cierto que estos avances han contribuido a confirmar la individualidad de los seres humanos, materia de discusión permanente en el ámbito filosófico y religioso.

... La clonación y la eugenesia de seres humanos convierten a los clones en productos, violando la dignidad que todo ser humano debe poseer, por lo que es intrínsecamente inmoral”.

A la luz de la conclusión, investiga y responde brevemente:

- ¿Qué es la manipulación genética, la bioética la clonación y la eugenesia?
- Considerando lo que has averiguado, ¿qué opinas de la manipulación genética y de la conclusión del doctor Santos?

**Evaluación del trabajo realizado**

Evalúa el nivel de logro respecto al aprendizaje esperado y el trabajo realizado, marcando con una **X** la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿He practicado la observación durante el trabajo realizado?			
¿Reconozco los aspectos estructurales de los ácidos nucleicos?			
¿Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos?			
¿Reconozco las funciones de los ácidos nucleicos en relación al mensaje genético.			
¿He practicado la habilidad investigar?			



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Analizar
- Formular hipótesis
- Elaborar
- Organizar
- Concluir
- Comunicar
- Evaluar

### Materiales

- Tubos de ensayo
- Pisceta
- Pipetas
- Vasos precipitados

### Reactivos

- Reactivo de Fehling
- Dos alimentos de consumo cotidiano

## Carbohidratos

### Estudiaremos

Reconocimiento de los carbohidratos.

### Introducción

Los carbohidratos o hidratos de carbono están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Según el número de monómeros, se clasifican en: monosacáridos, con una sola unidad monomérica, como la glucosa; disacáridos con dos unidades, como la sacarosa, y polisacáridos con cientos y miles de unidades, como el almidón.

Los monosacáridos presentan en su estructura el grupo hidroxilo ( $-OH$ ) y el grupo carbonilo ( $C=O$ ), que puede estar en forma de aldehído ( $-CHO$ ) o de cetona ( $-CO-$ ) y pueden ser cadenas abiertas o cerradas.

Los polisacáridos cumplen dos funciones básicas en los seres vivos: son acumuladores de energía como combustibles biológicos, y además, sirven de soporte de estructuras en organismos superiores. Así, el almidón es la reserva alimenticia de la mayor parte de las plantas, mientras que el glucógeno cumple el mismo papel en los animales; por su parte, la celulosa constituye el esqueleto de las paredes celulares de las plantas.

Los carbohidratos están presentes en un sin número de alimentos que consumimos cotidianamente, como por ejemplo fideos, harinas, arroz, entre otros.

### Paso 1: La exploración

Los monosacáridos que presentan en su estructura molecular un grupo aldehído tienen poder reductor, originando un ácido carboxílico. Lo anterior es posible evidenciarlo a través de una reacción redox entre el reactivo de Fehling y un azúcar. Si la solución cambia de color, significa que se ha producido la reducción del catión  $Cu^{2+}$  y que, por lo tanto, el azúcar analizado actúa como reductor.

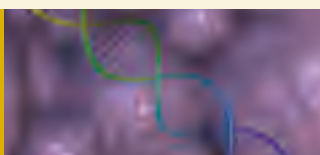
Los que tienen un grupo cetona no se oxidan con facilidad.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Considerando lo expuesto en la introducción y la exploración elaboren una pregunta de investigación que les permita diseñar y ejecutar un diseño experimental para reconocer carbohidratos en (al menos) dos alimentos de consumo cotidiano. Recuerda que la pregunta de investigación debe tener (al menos) dos variables, una dependiente y otra independiente.

### Paso 3: Formulación de hipótesis

Elabora una hipótesis para la pregunta formulada.





**Paso 4: Diseño experimental**

Elabora un diseño experimental que te permita “reconocer carbohidratos en (al menos) dos alimentos de consumo cotidiano”, para ello recuerda que se entrega una guía de los materiales y reactivos que pueden utilizar.

**Paso 5 y 6: Registro de observaciones y recopilación y ordenamiento de datos**

A partir del diseño experimental recuerda registrar, recopilar y organizar las observaciones.

**Paso 7: Análisis de datos**

Una vez recopilados y ordenados los datos, están en condiciones de analizarlos y, a partir de ese razonamiento, pueden evaluar las hipótesis propuestas con anterioridad.

¿Qué tipo de carbohidratos reconociste (con grupo aldehído o cetona)? ¿En qué alimento?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Concluir y comunicar los resultados obtenidos configura una de las últimas etapas del trabajo científico. En este acto se establecen las relaciones entre las inferencias, la información obtenida de diversas fuentes y los resultados.

Como grupo elijan algún medio de los ya trabajados (folleto, tríptico, informe, panel, etc.) para comunicar sus resultados.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Evaluemos el trabajo realizado. Para ello te proponemos las siguientes preguntas para compartir, frente a cada una de las cuales se espera que reconozcan fortalezas y debilidades, es decir, ¿qué fue lo más difícil y lo más fácil en cada etapa?

¿Pudiste elaborar una pregunta de investigación, con ambas variables, considerando el objetivo de investigación propuesto (reconocer carbohidratos en (al menos) dos alimentos de consumo cotidiano)?

¿Elaboraron una hipótesis experimental, considerando el objetivo propuesto?

¿Diseñaron y ejecutaron un diseño experimental que les permitió, posteriormente, evaluar la hipótesis experimental?

¿Qué aprendieron a partir de la actividad propuesta respecto a: los procesos de investigación y los carbohidratos?

**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Recuerden trabajar con precaución evitando accidentes. Una vez terminada la actividad, depositen las disoluciones de los tubos de ensayo en los desagües. Ordenen todos los materiales empleados y dejen limpio el lugar de trabajo.

## 5. Carbohidratos

Los **carbohidratos** también denominados glúcidos o hidratos de carbono, están formados por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Su unidad fundamental son los **monosacáridos** (monómeros).

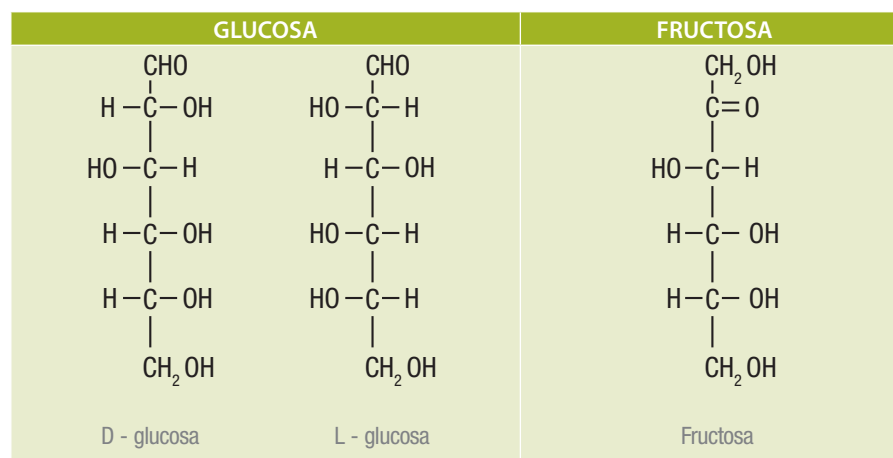
Son aldehídos (-CHO) o cetonas (-CO-) polihidroxilados; contienen grupos carbonilo (-C = O) e hidroxilo (-OH), por lo tanto presenta la reactividad de ambos grupos funcionales.

Son muy abundantes en la naturaleza, siendo uno de los más importantes la glucosa, principal fuente de energía para nuestro organismo.

Se clasifican de acuerdo al número de monosacáridos que lo componen, de la siguiente forma:

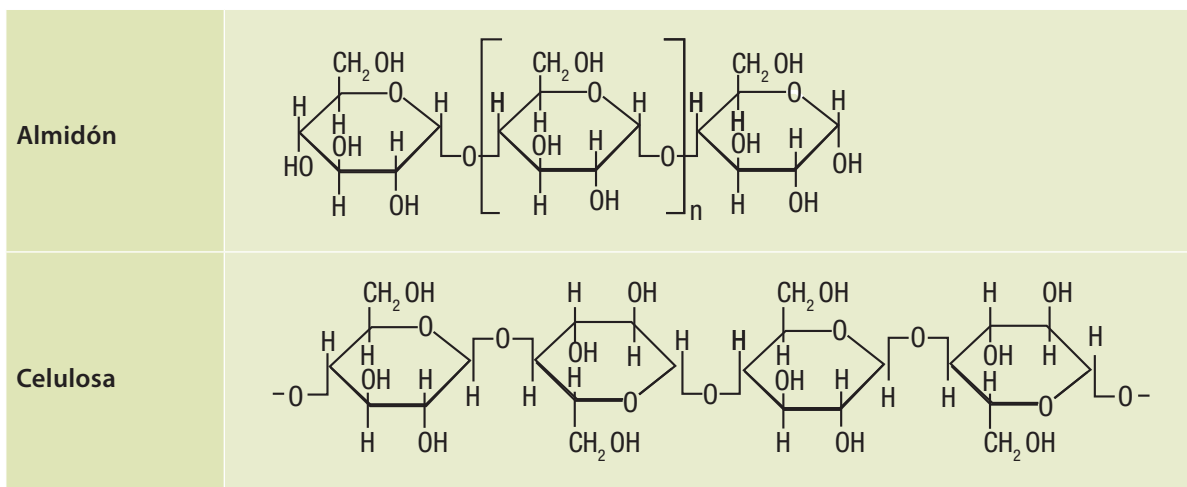
- **Monosacárido:** una unidad monomérica
- **Disacárido:** dos unidades monoméricas
- **Trisacárido:** tres unidades monoméricas
- **Oligosacárido:** presenta de cuatro a diez monómeros; y
- **Polisacáridos:** de once a miles de unidades monoméricas.

El grupo carbonilo de un monosacárido puede estar en forma de aldehído o de cetona, existiendo así aldosas y cetosas, respectivamente. De acuerdo con el número de carbonos, los monosacáridos pueden clasificarse en triosas (tres), tetrasas (cuatro), pentosas (cinco), hexosas (seis), y así sucesivamente. Por ejemplo, tenemos la glucosa y la fructosa, como se muestra a continuación:



Cuando se unen los monosacáridos dando origen a un disacárido, lo hacen a través de un enlace llamado **enlace glucosídico**. Un ejemplo de disacárido es la maltosa.

Cuando se une una gran cantidad de monosacáridos se forman los polisacáridos, por ejemplo, el almidón, el glucógeno y la celulosa. A continuación se muestra la estructura del almidón y la celulosa:



En el sitio

<http://genesis.uag.mx/edmedia/material/quimicaii/carbohidratos.cfm> podrás encontrar información adicional, para que puedas profundizar tus conocimientos acerca de los carbohidratos.

**1** Observa las siguientes estructuras:

A	B	C	D
Dihidroxiacetona	Galactosa	Ribosa	Glucosa
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$

- En cada una de las estructuras, identifica el grupo cetona o aldehído.
- Clasifícalas de acuerdo al número de átomos de carbono.
- ¿En qué otras formas podemos representar la estructura de la glucosa? Investiga.

**2** Investiga que es el almidón y cuáles son las estructuras que lo conforman.

## DESAFÍO

**Habilidades a desarrollar:**

- Observar
- Identificar
- Clasificar
- Investigar
- Formular



- 3** Observa la estructura de la celulosa e indica:
- Su fórmula molecular simplificada.
  - ¿Corresponde a un homo polisacárido o un heteropolisacárido?
  - Investiga que tipo de macromolécula es y cómo se forma.

**Evaluación del trabajo realizado**

Evalúa el nivel de logro respecto al aprendizaje esperado y el trabajo realizado, marcando con una **X** la opción que mejor te represente:

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Identifico la unidad estructural de un carbohidrato?			
De acuerdo al número de monómeros, ¿puedo clasificar los carbohidratos?			
¿Puedo realizar investigaciones bibliográficas responsablemente?			
¿Puedo emplear la información para comprender y conocer fenómenos cotidianos?			



El aprendizaje es el proceso de adquirir conocimientos, habilidades, actitudes o valores a través del estudio, la experiencia o la enseñanza. A partir de esto, responde las siguientes preguntas:  
¿Repaso los contenidos que aún no he aprendido? ¿Me esfuerzo para lograr los conocimientos y las habilidades que me enseñan?

**Y para terminar...**

Ahora que has terminado de estudiar la unidad de **"Polímeros"**, te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha sido lo más significativo que has aprendido de la unidad?
- Con los conocimientos adquiridos, ¿qué nuevas respuestas puedes dar, a las preguntas planteadas al inicio de la unidad?, ¿las recuerdas? Coméntalas nuevamente con tu profesor y compañeros.

## Los péptidos son el ingrediente estrella de las nuevas cremas

Artículo extraído de la "Revista Mujer", Diario "La Tercera". Abril 2009.

En los años 80, el colágeno y la elastina eran los reyes de la industria cosmética. Se sabía que la firmeza de la piel dependía de la calidad de estas estructuras que soportaban la superficie de la dermis y, por eso, las cremas y productos para combatir los signos de la edad no tardaron en incorporarlas. En los 90, el enfoque cambió. Los científicos se concentraron en eliminar las células muertas y acelerar el proceso de renovación celular, que ocurre cada 28 días en una piel joven, pero se va desacelerando con la edad. Para ello, se recurrió a dos caminos: los ácidos como el retinol o el AHA, que provocan exfoliaciones de diferente profundidad, y las vitaminas antioxidantes -A, C y E, principalmente-, que trabajan contrarrestando el proceso de oxidación de la piel provocado por los radicales libres, moléculas muy inestables que aceleran el proceso de envejecimiento celular. Hoy, un nuevo actor entra en este mercado: la comunicación intercelular. Sí, tal cual. Los investigadores de los diferentes laboratorios saben que, para mantener la piel joven, tersa y lisa, las células reciben la instrucción de que deben autorrepararse y producir colágeno y elastina, pero con el tiempo ese mensaje se va interrumpiendo. Por eso, los péptidos, que son los encargados de comunicar ese mandato, son los grandes protagonistas de toda una nueva generación de cremas y productos antiedad, que nació con el siglo XXI. Pero ¿qué son estos péptidos? Es simple: se trata de proteínas o cadenas cortas de aminoácidos que transportan información

entre una célula y otra, logrando que las diferentes capas de la piel entren en contacto entre ellas y realicen sus funciones de manera más eficiente. Se les considera un arma muy potente, ya que actúan sobre los tejidos conectivos que están desarmados y desestructurados, revirtiendo la situación. A diferencia de otros componentes utilizados en tratamientos antiedad que actúan tópicamente, los péptidos tienen la capacidad de transmitir información entre la epidermis y la dermis en ambos sentidos. Por eso, ofrecen muchos beneficios: hidratan y dan turgencia a la piel, descontracturan las líneas de expresión, rejuvenecen el área de los ojos, refrescan el contorno de los labios, atenúan los nefastos círculos oscuros que se forman bajo el párpado inferior, reducen la inflamación provocada por la contaminación del medio ambiente y mejoran la adhesión entre la epidermis y el tejido conectivo. Los péptidos están en muchos productos, tanto en marcas de lujo como en las que se dirigen a públicos más masivos. Según la conocida cosmetóloga María Olga Estrada, para que estos productos funcionen mejor, es ideal usarlos sobre una piel que ha sido preparada previamente con ácidos, como el láctico, el glicólico o el cítrico. "Si no se tiene a mano una crema con ellos, se puede hacer una máscara casera con yogur, que tiene ácido láctico, o bien exfoliar la piel con una mezcla de azúcar y limón, que aporta ácido cítrico. Lo importante es que los ácidos

ponen a los mecanismos de la piel en estado de alerta: se contrae el músculo erector del pelo, la piel se empieza a hidratar desde adentro y se acelera el flujo sanguíneo, lo que aporta oxígeno y nutrientes, y potencia el efecto de los péptidos". Esta reacción, según explica Estrada, macera el cemento biológico (eso que une las capas interna y externa de la piel y que suele secarse con la falta de recambio celular) y termina convirtiéndolo nuevamente en un gel, estado en el que debiera permanecer siempre para tener una piel flexible, luminosa, suave e hidratada. Aun así, los expertos recomiendan no olvidar que el buen estado de la piel depende también de una alimentación equilibrada, la práctica de alguna actividad física y el consumo abundante de agua. El propio doctor Howard Murad, gestor de la famosa línea cosmética que lleva su apellido y acérrimo defensor de los péptidos, asegura que los productos tópicos sólo resuelven un 20 por ciento del rejuvenecimiento de la piel. El 80 por ciento restante depende de que tengamos buenos hábitos.



### Preguntas para la reflexión:

- 1 ¿Qué es un péptido y cómo está constituido?
- 2 ¿Qué es un enlace peptídico?
- 3 ¿Por qué los péptidos han reemplazado al colágeno y la elastina en la industria cosmetológica?
- 4 Investiga. ¿Por qué la piel debe ser previamente tratada con una solución de ácido débil para mejorar el efecto de los péptidos?

### Habilidades que se desarrollarán:

- Analizar
- Investigar
- Aplicar
- Deducir



## Revisemos lo aprendido: Tema 2

### I. Sopa de letras

Descubre 14 conceptos claves estudiados en la unidad y defínelos brevemente.

A	P	O	C	A	R	B	O	H	I	D	R	A	T	O
H	Q	U	I	M	I	C	A	O	R	G	A	N	Z	I
M	I	N	O	R	G	A	N	R	A	N	I	C	W	A
O	I	L	O	P	S	O	C	I	T	E	T	N	I	S
N	N	E	V	P	R	O	T	E	I	N	A	Q	T	A
O	U	R	U	E	P	E	R	N	T	O	C	U	T	N
M	C	J	E	P	A	N	N	L	E	T	T	I	E	I
E	L	L	A	T	O	C	M	A	H	O	L	M	R	E
R	E	A	M	I	N	O	A	C	I	D	O	I	I	T
O	O	U	I	D	A	D	M	E	S	A	A	C	O	O
I	S	R	O	O	I	O	A	P	A	N	T	A	N	R
N	I	A	N	I	C	N	R	E	C	S	O	N	A	P
A	D	D	E	O	U	N	T	P	S	A	M	U	N	O
D	O	I	S	N	L	A	I	T	I	S	O	C	T	R
E	E	N	A	D	N	G	N	I	C	O	S	L	O	E
S	M	A	C	A	O	R	A	D	N	T	A	E	N	T
A	O	M	I	M	I	U	Q	I	A	N	L	A	I	E
C	N	I	A	T	O	M	O	C	R	E	A	R	O	H
U	A	C	V	A	L	E	N	O	F	P	D	E	A	Z
L	N	O	D	I	T	O	E	L	C	U	N	N	U	C

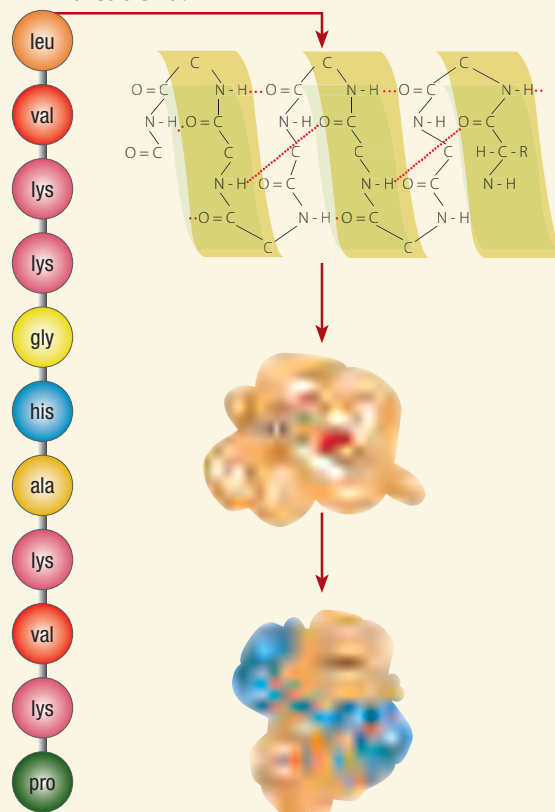
### II. Cuestionario

- 1 ¿Cuál es la estructura general de un aminoácido? Identifica cada una de sus partes.
- 2 ¿Cuál es la diferencia entre los aminoácidos esenciales y no esenciales?
- 3 ¿Cuál es la importancia del zwitterion?
- 4 Explica el comportamiento ácido-base de los aminoácidos.
- 5 ¿Cuál es la forma e importancia del enlace peptídico?
- 6 Elabora un cuadro comparativo que te permita distinguir las principales características de las estructuras de las proteínas.
- 7 Explica brevemente las propiedades de las proteínas (solubilidad, especificidad, catalítica).
- 8 ¿Cuáles son las funciones biológicas de las proteínas? Indica en cada caso un ejemplo.
- 9 ¿Cuál es la estructura de los ácidos nucleicos?

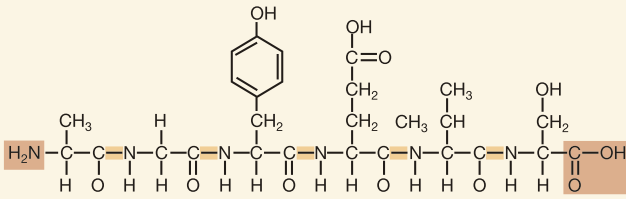
- 10 ¿Qué diferencia al ADN del ARN?
- 11 ¿Cuál es la importancia del ADN y del ARN?
- 12 Explica brevemente ¿cómo se produce la síntesis proteica en la célula?
- 13 ¿Cuál es la importancia de un codón?
- 14 ¿Cómo se llama la unidad básica de los carbohidratos y como se pueden clasificar dependiendo de la cantidad de monómeros que constituyen la molécula?
- 15 ¿Qué tipo de grupos funcionales forman parte de la estructura de los carbohidratos?

### III. Ejercicios

- 1 Elabora la ecuación que explica la unión de los siguientes aminoácidos. En cada caso, determina el residuo, N-terminal y C-terminal.
  - i. Alanina - serina
  - ii. Ácido glutámico - glutamina
  - iii. Cisteína - ácido aspártico y arginina
- 2 Explica la siguiente secuencia de imágenes y señala en cada caso las características de la cadena:

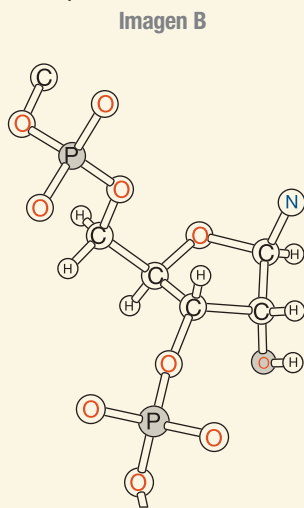
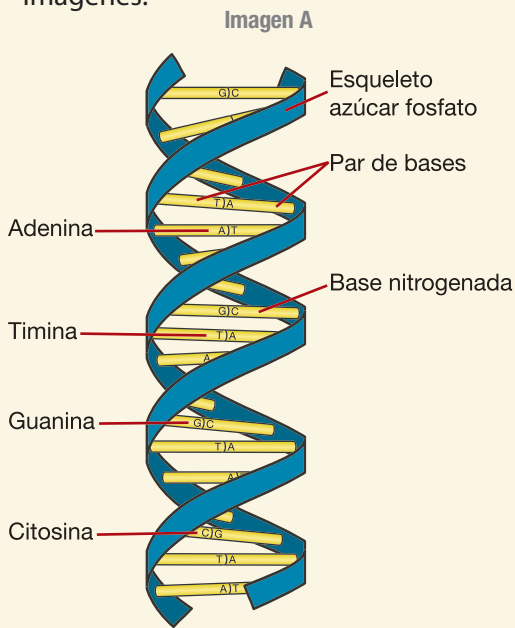


3 Observa atentamente la siguiente imagen:



- ¿Qué representa?
- ¿Qué identifica el color damasco?
- ¿Cuáles son los aminoácidos que participan?

4 Explica la diferencia entre las siguientes imágenes:



## Autoevaluación

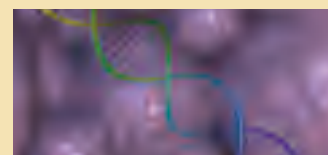
Revisa el nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

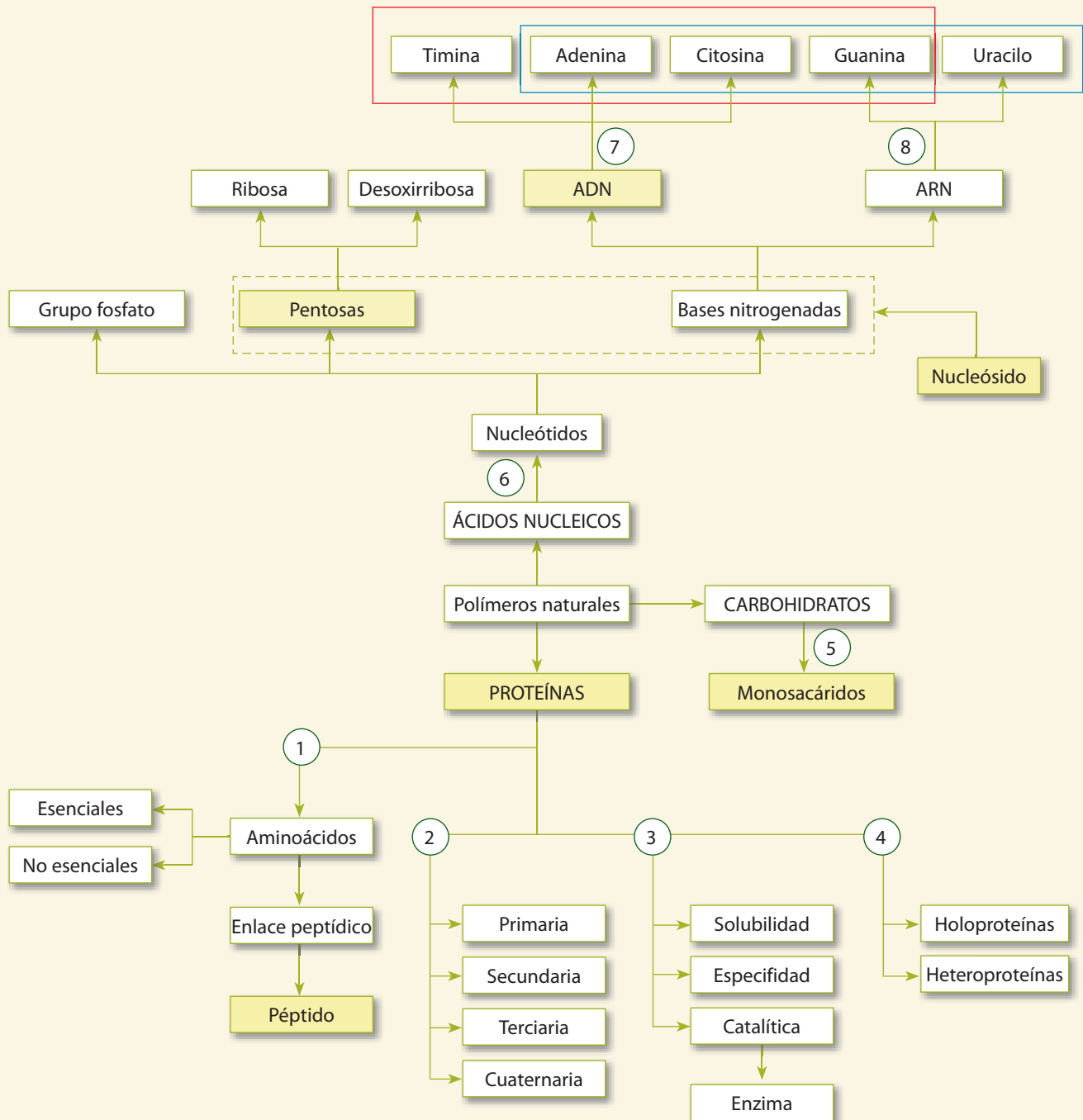
Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Conozco los aminoácidos y puedo explicar su importancia.			
Puedo explicar la importancia de las proteínas.			
Me intereso por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo.			
Comprendo el rol biológico de ciertas proteínas en función de sus estructuras.			
Puedo identificar en las estructuras de las proteínas los aminoácidos participantes y los enlaces peptídicos formados.			
Conozco los monómeros que forman parte de la estructura de los ácidos nucleicos.			
Práctico la honestidad al presentar y discutir los resultados obtenidos.			
Reconozco la importancia de los ácidos nucleicos en el mensaje genético.			
Comprendo que la investigación es un proceso riguroso que requiere seriedad y exhaustividad.			
Identifico aspectos estructurales relacionados con la composición de los carbohidratos.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L**. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# Síntesis de Tema 2

En el siguiente organizador gráfico, elabora los conectores del 1 al 8 y define los conceptos destacados en amarillo.



# Camino a...

FECHA: / /

NOMBRE:.....

1. Un aminoácido presenta en su estructura dos grupos funcionales característicos, que son:
  - a. Ester y amino.
  - b. Amida y ácido carboxílico.
  - c. Amino y éter.
  - d. Ácido carboxílico y amino.
  - e. Ácido carboxílico y ester.
  
2. Ejemplo de aminoácido esencial es:
  - a. Histidina.
  - b. Alanina.
  - c. Cisteína
  - d. Glicina
  - e. Serina
  
3. El enlace peptídico se forma entre:
  - a. El radical de un aminoácido y el ácido carboxílico de otro.
  - b. El grupo amino de un aminoácido y el radical del otro.
  - c. El grupo amino de un aminoácido y el ácido carboxílico del otro.
  - d. El grupo amino de un aminoácido y el grupo amino del otro.
  - e. El ácido carboxílico de un aminoácido y el ácido carboxílico del otro.
  
4. En términos de cantidad de aminoácido, una proteína contiene:
  - a. 2
  - b. 5
  - c. 10
  - d. 100
  - e. No existe un número específico de aminoácidos.
  
5. La estructura primaria de las proteínas corresponde a:
  - a. La estructura que adquieren al formar los puentes de hidrógeno.
  - b. La secuencia de aminoácidos.
  - c. La estructura que adquiere en el espacio.
  - d. La asociación de varias proteínas.
  - e. Un secuencia combinada de dos o más cadenas polipeptídicas.
  
6. La diferencia entre los tipos de las estructuras secundarias es que:
  - a. Se establecen puentes de hidrógeno en una de ellas y no en la otra.
  - b. Se establecen interacciones S - S en una de ellas y no en la otra.
  - c. En una de ellas la cadena se enrolla helicoidalmente y en la otra unas junto a otras.
  - d. En una de ellas no existen interacciones de ningún tipo.
  - e. En una de ellas interviene más de una cadena polipeptídica.
  
7. Respecto a la desnaturalización de una proteína, es correcto afirmar que:
  - a. Se produce por el mismo efecto en todas las proteínas.
  - b. Se produce por un cambio en la temperatura o en el pH del medio.
  - c. Se produce si cambia la secuencia de aminoácidos.
  - d. Afecta solo a la estructura cuaternaria.
  - e. Afecta únicamente la estructura terciaria.
  
8. La característica que mejor define la estructura cuaternaria es:
  - a. Se forma al unirse varios péptidos o proteínas.
  - b. La adquieren todas las proteínas cuando terminan de sintetizarse.
  - c. Está formada en base a nucleótidos.
  - d. Se estabiliza mediante puentes de hidrógeno intracatenarios.
  - e. Aparece cuando coexisten distintas estructuras secundarias en la misma cadena.
  
9. Un nucleósido está formado por la adición de:
  - a. Una pentosa y una base nitrogenada.
  - b. Una pentosa, una base nitrogenada y un grupo fosfato.
  - c. Un nucleótido y una pentosa.
  - d. Una pentosa y una molécula de ácido fosfórico.
  - e. Una base nitrogenada y un ácido nucleico.
  
10. El ADN y el ARN se diferencian por:
  - I. El tipo de pentosa.
  - II. La base nitrogenada.
  - III. El grupo fosfato.
    - a. Sólo I.
    - b. Sólo II.
    - c. Sólo III.
    - d. I y II.
    - e. II y III.



# UNIDAD 5

## ENERGÍA NUCLEAR Y SUS APLICACIONES



### Introducción

En 1945, las bombas atómicas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki ponen en la palestra pública "la energía nuclear", siendo considerada una energía de gran poder destructivo, imagen que fue difícil de borrar durante generaciones.

Durante los últimos decenios, en cambio, la energía nuclear, además de ligarse a la bomba atómica, se ha asociado a grandes aplicaciones tecnológicas en beneficio de la humanidad.

La energía nuclear por sí sola es un tema cautivante. La discusión puede centrarse en dimensiones políticas, gubernamentales, de impacto ambiental, económicas, entre otras, pero ¿qué mejor base para discutir el tema con fundamentos que conocer su funcionamiento?

### Discutamos el tema

Responde las preguntas que se presentan a continuación, para posteriormente discutir las con tu profesor y compañeros.

- ¿Qué entiendes por energía nuclear? ¿de dónde crees que proviene?
- ¿En qué campos crees que es utilizada la energía nuclear?
- De acuerdo a tus conocimientos sobre energía nuclear ¿consideras importante el uso de este tipo de energía en la actualidad? Explica
- ¿Estás de acuerdo con que en Chile se invierta en este tipo de energía?





### *Al finalizar esta unidad serás capaz de:*

- Comprender los fundamentos y describir los procesos del decaimiento radiactivo y la fusión y fisión nuclear.
- Identificar las aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear, en la salud, la alimentación y la generación de energía.
- Conocer las ventajas y desventajas del uso de la energía nuclear y compararla con otras fuentes de energías renovables y no renovables.
- Analizar y debatir sobre temas de interés público y contemporáneo, como la energía nuclear.
- Investigar, organizar y analizar información extraída de diferentes fuentes, apoyándose en los conceptos de estudio.

### **¿Para qué?**

- Valorar el uso de los elementos radiactivos, en diferentes ámbitos de la sociedad.
- Identificar las ventajas y desventajas de uso de la energía nuclear.
- Informarse y debatir, sobre las necesidades energéticas del país.
- Conocer los efectos en los seres vivos de las emisiones radiactivas.
- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.

# TEMA 1

## Energía Nuclear

### En este tema estudiarás:

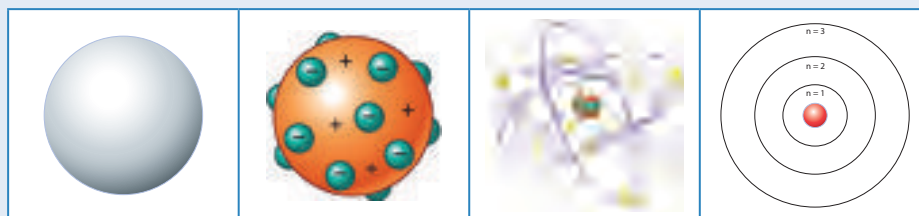
- Propiedades y estabilidad del núcleo atómico
- Radiactividad
- Velocidad de desintegración

### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Estructura del núcleo atómico
- Átomos e iones.

### Y para comenzar...

1. Observa atentamente las siguientes imágenes y luego responde:



- ¿Recuerdas estas imágenes? ¿qué representan?
  - ¿Cuáles son las principales diferencias entre cada una de ellas?
  - Una vez que hayas identificado cada uno de los modelos, indica el nombre
  - ¿Por qué es importante el estudio del átomo en esta unidad? Explica.
2. Gracias a los valores del número másico ( $A$ ) que equivale al número de neutrones ( $n$ ) y protones ( $p^+$ ) existentes en el núcleo y al valor del número atómico ( $Z$ ) que da cuenta del número de protones ( $p^+$ ), completa la siguiente tabla recordando que en los átomos neutros el número de electrones ( $e^-$ ) es igual al número de protones no así en los iones (átomos con carga)?

Átomo o ión	$Z$	$A$	$p^+$	$n$	$e^-$
$Na^+$	11			12	
Pb		206	82		

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Identifico la estructura del modelo atómico actual?			
¿Reconozco donde se ubican cada una de las partículas subatómicas en el átomo?			
¿Conozco la importancia de los electrones en la formación de compuestos?			
¿Reconozco la importancia del núcleo atómico y de las partículas que lo conforman?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## Simulación de la determinación de la masa atómica promedio

### Estudiaremos

Determinación de la masa atómica promedio de un elemento químico.

### Introducción

En la naturaleza, los átomos de un mismo elemento no tiene necesariamente la misma masa.

Para poder conocer la masa de un elemento, se debe determinar la “masa atómica promedio del elemento”, considerando el porcentaje de abundancia en la naturaleza de la diferentes “formas” del elemento.

En esta actividad trabajarán en grupo. El objetivo es determinar la masa atómica promedio de un elemento, que presenta dos isótopos estables, con una abundancia relativa en la naturaleza de 0,3 y 0,7 % .

### Paso 1: La exploración

Como se mencionó, la observación de un fenómeno, es el primer paso que da un científico para establecer cuestionamientos. Observen detalladamente las especies químicas (porotos de distinto tamaño) que se trabajarán en la actividad, registrando sus principales propiedades físicas.

### Paso 2. Preguntas de exploración

Recuerden que las preguntas tienen por finalidad guiar la investigación científica, gracias la búsqueda de respuestas probables. Observando las propiedades de los distintos reactivos y de lo mencionado en la introducción, ¿qué preguntas de investigación surgen entre ustedes? A modo de guía les proponemos las siguientes:

- ¿Qué partículas existen en el núcleo atómico?
- ¿Cuál es la masa de esas partículas?
- ¿Qué es un isótopo?, ¿Qué diferencia existe en sus núcleos?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en la determinación de la masa atómica promedio?. Investiga

### Paso 3. Formulación de hipótesis

Las preguntas de exploración pueden ser respondidas acudiendo a conocimientos previos o a datos extraídos de diferentes fuentes. Usando las diferentes fuentes, da respuestas a las preguntas de exploración y plantea las hipótesis experimentales junto a tu equipo de trabajo.

### Paso 4. Diseño experimental

- 1 Escojan los 15 porotos pequeños y los 35 porotos grandes, intentando que los porotos de cada conjunto sean de tamaño uniforme
- 2 Utilizando la balanza, determinen la masa total de los 15 porotos pequeños y los 35 porotos grandes.

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Comparar
- Formular hipótesis
- Registrar datos
- Interpretar
- Concluir y comunicar
- Evaluar

### Materiales

- Quince porotos pequeños
- Treinta y cinco porotos grandes
- Balanza digital o granataria con precisión de 0,1.



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Utiliza la balanza con cuidado y siguiendo correctamente las instrucciones de uso que te indique tu profesor. Una vez terminada la actividad, ordenen todos los materiales que han empleado y dejen limpio el lugar de trabajo.

**Paso 5. Registro de observaciones**

Señalamos con anterioridad que los científicos realizan un detallado registro de los datos y comportamientos que observan. Posteriormente los ordenan y los disponen para su interpretación. Registren las observaciones del trabajo experimental en su cuaderno.

**Paso 6. Recopilación y ordenamiento de datos**

Deben ordenar las observaciones para su interpretación, lo que posteriormente les permitirá realizar el análisis. Para este experimento les proponemos utilizar la siguiente tabla, como guía, para ordenar sus datos:

Datos relevantes	Masa (g)	Abundancia relativa en la naturaleza (%)	Masa del isótopo
Porotos pequeños			
Porotos grandes			

**Paso 7. Análisis de datos**

Los invitamos nuevamente a responder las preguntas de exploración y a contrastar las hipótesis experimentales.

- 1 ¿Qué puedes señalar respecto a los isótopos?
- 2 ¿Qué analogía puedes obtener del experimento?
- 3 ¿cómo se calcula teóricamente la masa atómica promedio?
- 4 ¿Qué valor debe estar expresado en otra unidad de medida, que facilite el cálculo, considerando que se trabaja con la masa de los átomos que es muy pequeña?

**Paso 8. Conclusión y comunicación de resultados**

En este paso se busca establecer relaciones entre las inferencias, la información obtenida y los resultados experimentales. Para ello, elijan y diseñen un sistema de información didáctico y que sea atractivo para sus lectores, en el cuál se debe recorrer el proceso desde la observación hasta las conclusiones del trabajo realizado.

**Paso 9. Evaluación del trabajo**

Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente para evaluar la actividad realizada.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿La actividad planteada me permite desarrollar habilidades de investigación?			
¿Identifico que es un isótopo?			
¿Comprendo el proceso de determinación de la masa de un elemento?			
¿Cooperé activamente para que el trabajo realizado fuera efectivo?			
¿Realicé los procedimientos de forma sistemática y analítica?			



# 1. Propiedades y estabilidad del núcleo atómico

El núcleo atómico es una pequeña región central del átomo donde se encuentran distribuidos los **neutrones** (partículas neutras, n) y **protones** (partículas positivas, p<sup>+</sup>), partículas fundamentales que reciben el nombre de **nucleones**. A su alrededor, se encuentran orbitando los electrones (partículas negativas, e<sup>-</sup>)

Tras el descubrimiento del protón, efectuado por **Ernest Rutherford** en 1914, se llegó a la conclusión de que el núcleo atómico estaba formado por protones. Posteriormente, se estableció que la masa de un átomo no se explicaba únicamente por la presencia de las partículas subatómicas descubiertas hasta ese momento (electrón y protón).

En busca de nuevos horizontes respecto a la estructura del núcleo, **James Chadwick**, en 1932, descubre el **neutrón**, una nueva partícula de masa ligeramente superior a la del protón, pero sin carga eléctrica. Sobre esta base experimental **Werner Karl Heisenberg** propone su teoría del núcleo, considerada válida hasta hoy, según la cual el núcleo atómico estaba formado por protones y neutrones.

El número de protones está definido por el **número atómico (Z)**, que en átomos neutros coincide con el número de electrones; el número de neutrones es aproximadamente igual al de protones en los átomos ligeros, pero crece a medida que Z lo hace, hasta superar la cantidad de partículas positivas y llegar a ser casi el doble en núcleos pesados. Es decir, la masa del átomo estará determinada prácticamente por la existencia de dos partículas subatómicas, los protones y neutrones o nucleones, considerando que estas presentan una masa millones de veces superior a la masa de los electrones (e<sup>-</sup>).

Lo anterior señala que el **número másico (A)** corresponde a la masa de protones (p<sup>+</sup>) y neutrones (n), por ende:

$$A = p^+ + n \quad \text{o} \quad A = Z + n$$

Considerando lo anteriormente expuesto, una especie nuclear o **núclido** se representa de la forma:



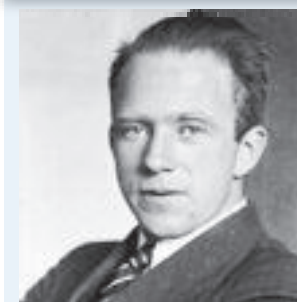
Donde: X es el símbolo químico del átomo.

Z es el número atómico correspondiente al número de protones.

A es el número másico

Por ejemplo, si observas la tabla periódica de los elementos, encontrarás que Z y A se encuentran determinados para cada elemento.

## MÁS QUE QUÍMICA



**Werner Karl Heisenberg**  
(1901-1976)

Físico alemán, que en 1927, a partir de un supuesto matemático, sugiere que es imposible conocer con exactitud la posición, el momento y la energía de un electrón y, en general, de una partícula de pequeño tamaño, lo que se resuelve a medida que la materia tiene mayor tamaño por la razón masa-velocidad que puede alcanzar, lo que denominó "principio de incertidumbre". Continuando con sus trabajos en torno a la estructura atómica, propone posteriormente una teoría de núcleo, válida hasta hoy; indicando que está formado por neutrones y protones.





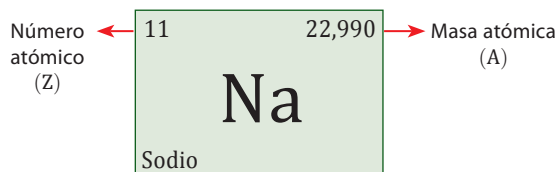
**SABÍAS QUE**

El 6 de agosto de 1945, la ciudad japonesa de Hiroshima, situada en Honshu, la isla principal del Japón, sufrió la devastación de un ataque nuclear. Ese día, cerca de las siete de la mañana, los japoneses detectaron la presencia de aeronaves estadounidenses dirigiéndose al sur del archipiélago; una hora más tarde, los radares de Hiroshima revelaron la cercanía de tres aviones enemigos. A las 8:15, el bombardero B-29, "Enola Gay", lanzó sobre Hiroshima a "Little boy", nombre clave de la bomba. En minutos, una columna de humo color gris-morado con un corazón de fuego (a una temperatura aproximada de 4.000 °C) se convirtió en un gigantesco "hongo atómico" de poco más de un kilómetro de altura.

El 9 de agosto, a las 11:02 de la mañana, el espectáculo de la aniquilación nuclear se repitió en Nagasaki, cuando el bombardero B-29, "Bock's Car", lanzó sobre esa ciudad a "fat boy", la segunda bomba, con la capacidad de liberar el doble de energía que la bomba de uranio.



Generalmente, se acepta que el valor de la masa atómica se aproxime a un número entero. Observa la siguiente representación:



Para el sodio (Na), el número atómico (Z) es 11 y el másico (A) es 22,9 ≈ 23, por lo tanto el núclido de este elemento será:  ${}_{11}^{23}\text{Na}$

A partir de la información proporcionada, se entiende que el sodio (Na) presenta: 11 protones, 11 electrones y 12 neutrones.



En el sitio

[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/tema4/index4.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema4/index4.htm) podrás recordar contenidos estudiados en años anteriores, sobre los modelos atómicos, sus partículas y la estructura del modelo atómico actual.

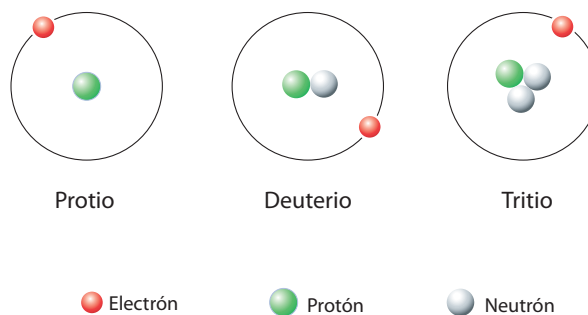
**a. Isótopos**

El químico inglés **Frederick Soddy** (1877-1956) demostró experimentalmente la existencia de varios átomos que, perteneciendo a un mismo elemento, no tenían la misma masa. A estos elementos los llamó **isótopos**.

Los isótopos tienen igual número de protones, pero distinto número de neutrones, por eso difieren en masa. Por ejemplo, para el elemento neón (Ne), que tiene un Z = 10, se tienen tres tipos de átomos, uno con A = 20, otro con A = 21 y A = 22

Entonces, ¿cuántos neutrones tiene cada isótopo de neón?

El elemento hidrógeno (H), presenta 3 isótopos, protio  ${}^1_1\text{H}$ , deuterio  ${}^2_1\text{H}$  y tritio  ${}^3_1\text{H}$ , como se observa en la siguiente figura:



La mayoría de los elementos están formados por dos o más isótopos naturales en distinta proporción; por ejemplo, el estaño tiene 10 isótopos diferentes. Los isótopos tienen iguales propiedades químicas, ya que poseen el mismo número de electrones, pero sus propiedades físicas son diferentes.

En la notación científica, una de las formas de representar a los isótopos, es mediante el nombre del elemento químico seguido de un guión y luego, el número de nucleones (protones y neutrones) del isótopo, por ejemplo, uranio-238, oxígeno-17.

### a.1. Isótopos naturales

Son aquellos que se encuentran en la naturaleza; por ejemplo, el protio que no tiene neutrones; el deuterio con un neutrón, y el tritio, que contiene tres neutrones. Este último, usado en labores de tipo nuclear, fue el elemento esencial de la bomba de hidrógeno responsable del holocausto en Hiroshima y Nagasaki.

Otro elemento que contiene isótopos muy importantes es el carbono (C), entre los cuales está el carbono-12 que es la base referencial de la masa atómica de cualquier elemento; el carbono-13, que es el único carbono con propiedades magnéticas, y el carbono-14 que es radiactivo, usado en la arqueología para determinar la edad de los fósiles orgánicos.

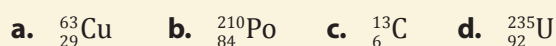
### a.2. Isótopos artificiales

Son fabricados en laboratorios nucleares con bombardeo de partículas subatómicas. Estos isótopos suelen tener una corta vida, en su mayoría por la inestabilidad y radiactividad que presentan. Uno de estos es el Cesio (Cs), cuyos isótopos artificiales son usados en plantas nucleares de generación eléctrica; el iridio-192, que se utiliza para verificar que las soldaduras de tubos estén selladas herméticamente, sobre todo en tubos de transporte de crudo pesado y combustibles, y algunos isótopos del uranio (U), empleados para la generación eléctrica o en bombas atómicas con principio de fisión nuclear.

## MÁS QUE QUÍMICA

Los isótonos son núclidos con el mismo número de neutrones (n), por ejemplo  ${}^{13}_6\text{C}$  y  ${}^{14}_7\text{N}$ . Los isóbaros son núclidos con el mismo número atómico (A), por ejemplo  ${}^{14}_6\text{C}$  y  ${}^{14}_7\text{N}$ .

1 Para los siguientes isótopos, indique le número de protones y neutrones:



2 Investiga que son los radioisótopos y en qué aéreas tienen mayor uso.

## DESAFÍO

Habilidades a desarrollar:

- Aplicar
- Calcular
- Investigar



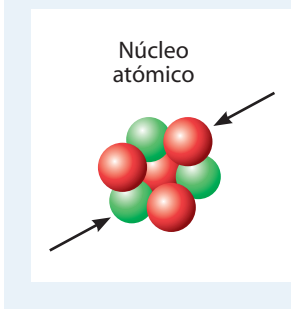
¿Cómo va mi proceso de aprendizaje?

¿Conozco que son los nucleones?, ¿identifico que son los isótopos y puedo calcular su cantidad de nucleones?, ¿puedo identificar y aplicar contenidos estudiados en años anteriores?



**MÁS QUE QUÍMICA**

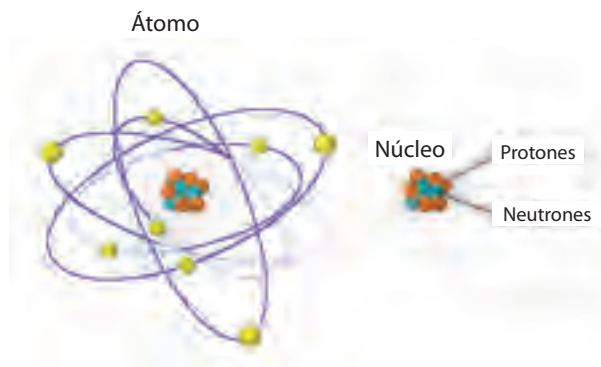
La carga eléctrica no es una propiedad física decisiva para las partículas componentes del núcleo; de ser así, la repulsión electrostática entre los protones los disgregaría instantáneamente. En el interior del núcleo tiene lugar una fuerza de atracción protón-protón, protón-neutrón o neutrón-neutrón, indistintamente, que es del orden de cien veces más intensa que la de repulsión electrostática entre los protones y que se conoce como interacción nuclear fuerte o fuerza nuclear.



**b. Propiedades del núcleo atómico**

Comprender el comportamiento del núcleo llevó al mundo científico a unir sus investigaciones y esfuerzos, pues, aunque parece tener una constitución bastante sencilla, la magia está en comprender y analizar las interacciones y el comportamiento de los nucleones que lo componen.

- Solo imagina, ¿cómo puede existir en un espacio tan pequeño partículas de igual carga eléctrica a corta distancia?



**b.1. Masa nuclear**

Sabemos, gracias al trabajo de muchos científicos, que la mayor parte de la masa del átomo está localizada en el núcleo. Los átomos neutros contienen un electrón por cada protón. Por otra parte, en promedio, hay un neutrón por cada protón para un núclido típico. Así, por ejemplo, para el helio (He) tendremos 2 protones, 2 neutrones y 2 electrones.

Como cada nucleón tiene una masa 2.000 veces mayor que la del electrón, resulta que de la masa total del átomo, solo una parte infinitamente pequeña está fuera del núcleo. Sin embargo, si se mide con mucha precisión la masa nuclear, resulta que esta es menor que la suma de las masas de las partículas que la componen. Esta diferencia se debe a la energía de interacción que mantiene unido al núcleo.

Sigamos analizando el helio (He). Este núcleo tiene  $Z = 2$  y masa 4,0026 u, por lo tanto, esperamos que esté formado por 2 protones y 2 neutrones ( $A = 4$ ) y que su masa sea precisamente la suma de la masa de dichas partículas.

Para que el cálculo sea correcto, primero se debe calcular la masa efectiva del núcleo de helio considerándolo como átomo neutro. A la masa de un átomo de helio, se le resta la masa de los dos electrones que lo orbitan:

$$\begin{aligned} \text{Masa de núcleo de He} &= \text{masa}_{(\text{helio})} - \text{masa}_{(\text{electrón})} \\ &= 4,0026 - 2 \cdot (5,486 \cdot 10^{-4}) = 4,0015 \text{ u} \end{aligned}$$

Ahora calculamos la masa de los nucleones:

$$\begin{aligned} 2 \cdot \text{masa}_{(\text{protón})} + 2 \cdot \text{masa}_{(\text{neutrón})} &= \\ 2 \cdot 1,00728 \text{ u} + 2 \cdot 1,00866 \text{ u} &= 4,03188 \text{ u} \end{aligned}$$



Si comparamos la masa de los nucleones, con la masa del helio, se puede observar que la masa de los nucleones es mayor. Si se restan ambos valores se obtiene la cantidad de masa que falta, la que se denomina como **defecto de masa**:

$$4,03188 \text{ u} - 4,0015 \text{ u} = 0,03038 \text{ u}$$

Como podrás observar en el ejercicio anterior, para medir la masa de los átomos, se emplea una unidad llamada **unidad de masa atómica (u)**, que se define como la doceava parte de la masa del carbono-12.

Gracias al perfeccionamiento de los métodos de espectrometría de masas se han determinado las masas de átomos con mayor exactitud, permitiendo que la masa atómica, corresponda al promedio de las masas de sus isótopos, cálculo que se basa en la estructura de cada isótopo y su porcentaje de abundancia.

A continuación se presenta un ejemplo de cómo **calcular la masa atómica promedio de un elemento**. Calcularemos la masa del hidrógeno y del carbono, conociendo su porcentaje de abundancia en la naturaleza, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24  
Isótopos del hidrógeno

Elemento	Isótopo	Número másico (A)	Abundancia en la naturaleza (%)
Hidrógeno	${}^1_1\text{H}$	1	99,985
	${}^2_1\text{H}$	2	0,015
	${}^3_1\text{H}$	3	0,00013

Para calcular la masa atómica promedio de los elementos de la tabla anterior, se aplica la siguiente expresión:

Masa atómica promedio =

$$= \frac{((A) \text{ del isótopo } 1 \cdot \% \text{ abundancia}) + ((A) \text{ del isótopo } 2 \cdot \% \text{ abundancia}) + \dots}{100 \%}$$

Calculemos la masa atómica promedio del hidrógeno:

$$\begin{aligned} \text{Masa atómica promedio del H} &= \frac{(1 \cdot 99,985) + (2 \cdot 0,015) + (3 \cdot 0,00013)}{100 \%} \\ &= 1,0001 \text{ u} \end{aligned}$$



En el sitio

<http://ntic.educacion.es/w3//recursos/bachillerato/fisica/nucleo1.htm> podrás encontrar más información, sobre el núcleo atómico; número másico, nucleídos, carga y tamaño del núcleo, características de las fuerzas nucleares, entre otros.

### SABÍAS QUE

A través de experimentos de colisiones entre las partículas elementales del átomo, se ha podido determinar que el protón y el neutrón no son partículas simples. Por el contrario, dentro del protón hay partes con sus propiedades individuales que se suman, para formar las características visibles del protón. Estas partes que forman al protón se llaman quarks.

Los quarks forman otros tipos de partículas, por ejemplo, la combinación de tres quarks o tres anti-quark, forman los bariones (protón), y combinaciones de un quark y un anti-quark, forman los mesones. Se representan con una simbología y un nombre:



**DESAFÍO****Habilidades a desarrollar:**

- Investigar
- Identificar
- Calcular

- 1 Para cada uno de los siguientes elementos: nitrógeno, oxígeno y neón, determina.
  - a. ¿Cuáles son sus isótopos naturales? Escribe los núclidos correspondientes.
  - b. Investiga cuales son sus porcentaje de abundancia en la naturaleza y determina la masa atómica promedio para cada elemento.
  - c. ¿Qué diferencia en la constitución de sus núcleos presenta cada grupo de isótopos? Determina la cantidad de protones y neutrones de cada isótopo.



Realizar procesos exhaustivos de investigación es una de las herramientas más valiosas del mundo científico. Desarrollarlo correctamente se aplica no solo a la Química, también es una habilidad para la vida.

**c. Estabilidad nuclear**

Cómo pudiste observar, las propiedades del núcleo atómico por si solas, no responden el cuestionamiento, ¿cómo puede existir en un espacio tan pequeño partículas de igual carga eléctrica a corta distancia?

Los científicos consideran que existente tres aspectos que influyen en la estabilidad del núcleo y que dan respuesta satisfactoria al cuestionamiento planteado, que son:

- La interacción nuclear fuerte,
- La relación de la cantidad de protones y neutrones y
- La energía del núcleo

Estableciéndose que la **estabilidad nuclear** es el equilibrio entre las fuerzas de repulsión eléctrica de los protones y la fuerza atractiva nuclear de corto alcance que experimentan los protones y neutrones del núcleo. La relación entre el número de protones ( $p^+$ ) y de neutrones ( $n$ ) es, por lo tanto, clave para la estabilidad del núcleo.

Considerando lo anteriormente expuesto, formula una hipótesis respecto a:

- ¿Qué son cada uno de los factores mencionados?

**c.1. Fuerzas nucleares**

Se plantea que existe una fuerza de unión muy intensa, capaz de vencer la repulsión entre protones y de mantener unido al núcleo; esta fuerza se llama **interacción nuclear fuerte**.

La interacción nuclear fuerte es una fuerza atractiva de corto alcance (que vence la repulsión electromagnética) y que actúa a distancias entre partículas del orden de  $10^{-15}$  m. Esta fuerza actúa entre dos protones, dos





neutrones o entre un protón y un neutrón y existe solo en el núcleo atómico. Cuanto mayor es la interacción nuclear fuerte, tanto más estable es el núcleo atómico.



En el sitio

[http://astroverada.com/\\_/Main/T\\_strong.html](http://astroverada.com/_/Main/T_strong.html) podrás encontrar información adicional sobre la fuerza nuclear fuerte.

### c.2. Relación entre la cantidad de protones y neutrones

Sabemos que para que el núcleo sea estable se requiere de la interacción nuclear fuerte, que actúa entre los protones y neutrones, razón por la cual, además de la presencia de dicha interacción, es clave la proporción de partículas que constituyen el núcleo.

En los núcleos ligeros la estabilidad se consigue cuando el número de neutrones (n) es aproximadamente igual al número de protones (p<sup>+</sup>). En cambio en los núcleos pesados, la estabilidad se consigue con mayor número de neutrones y la relación entre n y p<sup>+</sup> puede llegar a ser superior a 1, de lo contrario el núcleo será "inestable", lo que podría provocar su desintegración.

Por ejemplo, átomos estables serían el helio (He), que mantiene una relación igual a 1 (2 neutrones / 2 protones), o el sodio (Na), que mantiene una relación mayor a 1 (12 neutrones / 11 protones).

En nuestro planeta existen de manera natural un poco más de 90 elementos, algunos en abundante cantidad y otros que alcanzan la categoría de "trazas" (pequeñísimas cantidades); el resto, corresponde a elementos artificiales.

Para todos los elementos naturales encontramos **isótopos estables e inestables**, siendo los estables aproximadamente 284, es decir, alrededor de tres isótopos promedio por cada elemento. En total se conocen hasta hoy, más de 2.000 núclidos (estables, inestables y sintéticos).

Pues bien, es precisamente la relación neutrones / protones uno de los factores que limitan el número de núcleos atómicos estables diferentes que pueden existir, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 25  
Relación neutrones / protones

Número másico (A)	Cantidad de protones (p <sup>+</sup> ) (Número atómico, Z)	Cantidad de neutrones (n)	Núclidos establecidos	Ejemplo
Par	Par	Par	166	${}_{12}^{6}\text{C} - {}_{16}^{8}\text{O}$
Impar	Par	Impar	54	${}_{17}^{8}\text{O}$
Impar	Impar	Par	50	${}_{3}\text{Li}$
Par	Impar	Impar	4	${}_{1}^{2}\text{H}$

### SABÍAS QUE

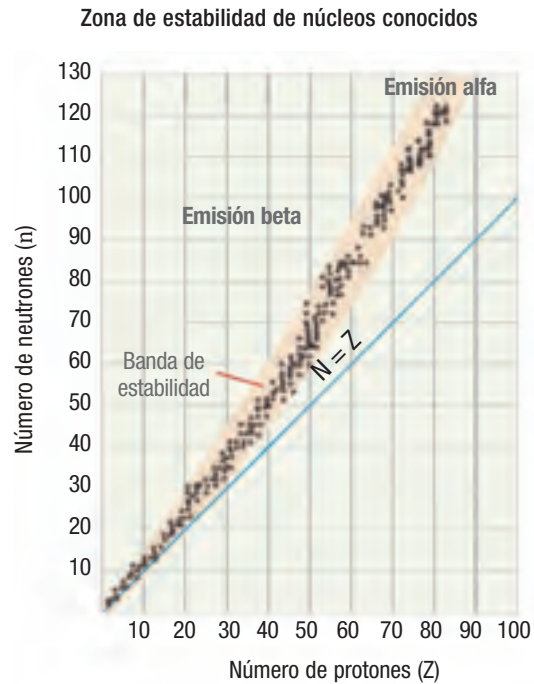
El gluón es la partícula portadora de la interacción nuclear fuerte, porque mantiene a los quarks unidos dentro de los hadrones. Tiene espín 1, no posee masa ni carga eléctrica, pero sí carga de color, por lo que además de transmitir la interacción fuerte también la sufre.



En la imagen se observa un protón, formado por tres quarks unidos por un campo de gluones.



Al graficar el número de neutrones ( $n$ ) versus el número de protones (o número atómico,  $Z$ ) de los isótopos, se obtiene la zona conocida como **banda de estabilidad**, como muestra el siguiente gráfico:



Los isótopos estables tienen una relación neutrones / protones que está dentro de la "banda de estabilidad". Se puede establecer que:

- Para los **isótopos ligeros** (masa atómica pequeña), la relación estable es de 1.
- Para los **isótopos pesados** aumenta hasta cerca de 1,5.
- No existen isótopos estables para elementos químicos de número atómico mayor a 83 (por ejemplo, el bismuto). Los isótopos que tienen una relación neutrones / protones mayor o menor al "cinturón de estabilidad" **son inestables** y se descomponen espontáneamente por medio de un tipo de reacción nuclear.

Los núcleos inestables, producen reacciones químicas conocidas como **descomposición radiactiva o desintegración**. En la naturaleza existen sólo unos pocos núcleos inestables y su descomposición se conoce con el nombre de **radiactividad natural**. En el laboratorio se han preparado mucho más isótopos inestables y al proceso de descomposición de estos núcleos se le llama **radiactividad artificial**.



### c.3. Análisis energético de la estabilidad del núcleo

Al estar compuesto el núcleo de protones y neutrones, la masa del núcleo supuestamente será la suma de las masas de sus constituyentes.

Experimentalmente, sabemos que la masa de los núcleos estables es siempre un poco menor que la suma de las masas de sus constituyentes, como se mencionó en las propiedades del núcleo cuando se habló del “defecto de masa”, que corresponde a un factor determinante en la estabilidad del núcleo.

Para resolver la interrogante que plantea el defecto de masa, **Albert Einstein**, explica la masa faltante a través de su teoría de la relatividad, que afirma que la pérdida de masa se manifiesta como energía liberada a los alrededores (exotérmica). La teoría planteada por Einstein de equivalencia masa – energía es:

$$E = m \cdot c^2$$

Donde E es la energía

m representa la masa

c representa la velocidad de la luz ( $3 \cdot 10^8$  m/s)

Aplicando la ecuación anterior al defecto de masa, se obtendrá:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

Donde  $\Delta E$  corresponde a la **energía de ligadura**

$\Delta m$  variación de masa (masa final – masa inicial)

Al encontrarse la masa en kilogramos, se deben realizar las transformaciones necesarias, para que la energía de ligadura  $\Delta E$  se exprese en joules (unidad de energía del SI).

Por lo tanto, si  $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  y mediante la ecuación de Einstein, se puede obtener lo siguiente:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

$$\Delta E = (1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$\Delta E = 1,494486 \cdot 10^{-10} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{u}}$$

Considerando la equivalencia de  $1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ , se obtiene:

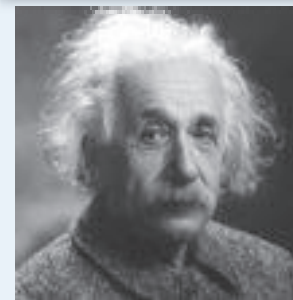
$$\Delta E = 1,494486 \cdot 10^{-10} \frac{\text{J}}{\text{u}}$$

Los físicos y químicos han optado por una unidad de medida en equivalencia con el Joule (J), para expresar la energía del núcleo, denominada megaelectronvoltio (MeV), que es igual a  $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ . Así,  $\Delta E$  se expresa como:

$$\Delta E = 1,494486 \cdot 10^{-10} \frac{\text{J}}{\text{u}} \cdot \left( \frac{1 \text{ MeV}}{1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}} \right)$$

$$\Delta E = 932,9 \text{ MeV}$$

### MÁS QUE QUÍMICA



**Albert Einstein**  
(1879 – 1955)

Físico y matemático alemán, nacionalizado después suizo y estadounidense. Fue docente universitario en Zurich y en Praga. En 1914 pasó a Berlín como miembro de la Academia de Ciencias prusiana. Durante 1905, publicó cinco trabajos en los Annalen der Physik: el primero de ellos le valió el grado de doctor por la Universidad de Zurich. En el primer trabajo, proporcionaba una explicación teórica en términos estadísticos, del movimiento browniano, y el segundo daba una interpretación del efecto fotoeléctrico basada en la hipótesis de que la luz está integrada por cuantos individuales, más tarde denominados fotones; los dos trabajos restantes sentaban las bases de la teoría restringida de la relatividad, estableciendo la equivalencia entre la energía de una cierta cantidad de materia y su masa, en términos de la famosa ecuación, donde c es la velocidad de la luz, que se supone constante. En 1921, recibió el Premio Nobel de Física, por sus trabajos sobre el movimiento browniano y su interpretación del efecto fotoeléctrico.



Donde  $\Delta E$  corresponde a la energía liberada en la reacción nuclear.

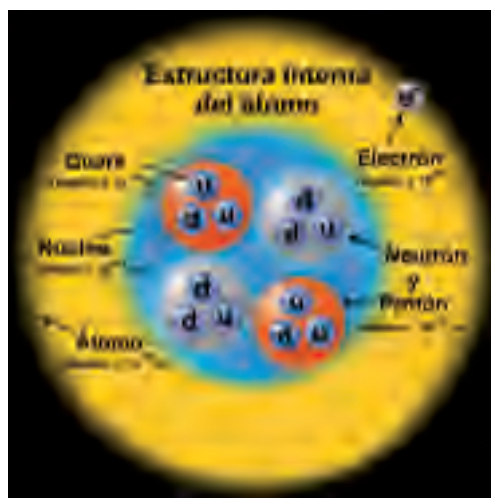
Dividiendo la energía de ligadura por el número de nucleones (A) del núcleo, obtenemos la **energía de ligadura por nucleón** ( $E_b$ ):

$$E_b = \frac{\Delta E}{A}$$

Esta energía, que nos da una idea de la estabilidad de los núcleos, mientras mayor sea, más estable será el núcleo, ya que se requerirá más energía por nucleón para descomponerlo en sus nucleones. La energía de ligadura de nucleón ( $E_b$ ) variará según el número de nucleones que constituyan el núcleo.

Es importante estudiar química nuclear, para comprender los cambios naturales y artificiales que ocurren en el núcleo de los átomos, principalmente, comprender las reacciones químicas de las sustancias que son radiactivas. Obviamente, es un tema controvertido y frecuente en la actualidad, debido a las ventajas y beneficios de la energía nuclear.

Observa la siguiente imagen de la estructura del núcleo atómico:



En el sitio

[http://www.quimicaweb.net/albert\\_einstein/einstein/masa-energia/masa\\_energia.htm](http://www.quimicaweb.net/albert_einstein/einstein/masa-energia/masa_energia.htm) podrás encontrar información, sobre la relación masa – energía, con animaciones que explican algunos procesos.



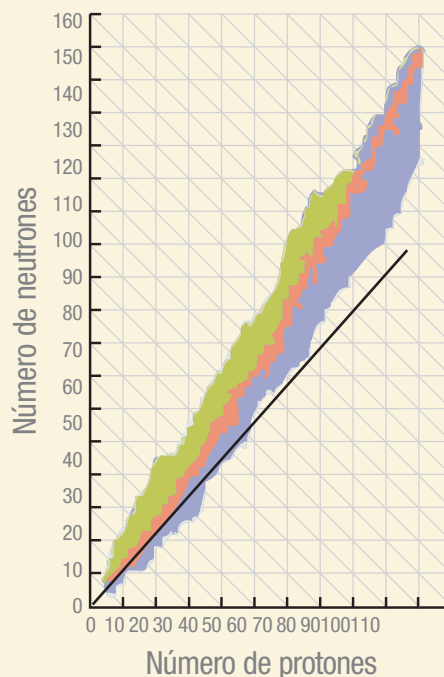
## DESAFÍO

### Habilidades por desarrollar:

- Observar
- Interpretar gráficos
- Investigar
- Inferir

1 Observa el gráfico y responde las siguientes preguntas.

- ¿Qué representa el gráfico?, ¿qué relaciones puedes establecer entre las variables?
- Describe brevemente que representan las siguientes zonas del gráfico
  - Verde
  - Naranja
  - Morada
- Observando la tabla periódica e investigando, indica el nombre de tres isótopos que se ubicarían en las tres zonas (verde, naranja y morada). Justifica cada una de tus elecciones.
- Según tus observaciones, ¿qué representaría la recta de color negro que aparece en el gráfico?



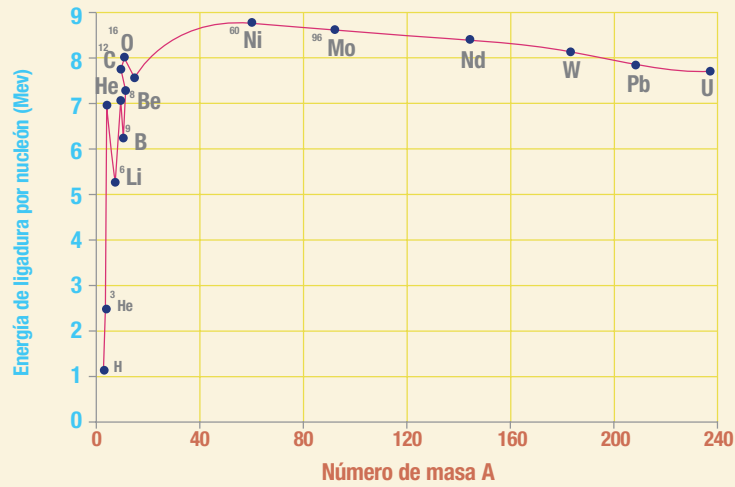
2 Indica para cada uno de los siguientes isótopos su posible ubicación por zona y marca con una X si lo consideras "estables o inestables", completando la siguiente tabla:

A	Z	Isótopo	Zona (verde, naranja o morada)	Estable	Inestable
238	92				
244	94				
14	7				
31	15				
256	88				





3 Observa atentamente el siguiente gráfico y luego completa las oraciones, indicando si es verdadero (V) o falso (F). Justifica las respuestas falsas.



- \_\_\_\_\_ El gráfico representa la "Interacción nuclear fuerte" para distintos elementos.
- \_\_\_\_\_ Se puede afirmar, que "la masa del núcleo y la energía de ligadura por nucleón" es directamente proporcional.
- \_\_\_\_\_ Observando el gráfico, es incorrecto señalar que "a mayor masa del núcleo, mayor interacción nuclear fuerte".
- \_\_\_\_\_ El uranio (U) es menos estable que el Berilio (Be), y el helio (He) más estable que el wolframio (W)
- \_\_\_\_\_ Si debemos disponer el cloro-35 en el gráfico, debemos ubicarlo entre el oxígeno (O) y el Berilio (Be).

Para evaluar el trabajo realizado, marca la opción que mejor te represente..

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Me intereso por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo?			
¿Comprendo la estructura del núcleo atómico y sus propiedades?			
¿Puedo extraer información respecto a la composición del núcleo a partir de su representación simbólica?			
¿Comprendo la relación masa-energía gracias a la aplicación del concepto de energía de ligadura?			
¿Comprendo que mientras más grande sea el valor de $E_b$ , más estable será el átomo, pues será más complejo separar sus nucleones?			



## 2. Radiactividad

Observa la siguiente imagen:



- ¿Conoces el símbolo de la imagen?, ¿dónde lo has visto?
- ¿A qué lo asocias?
- ¿Qué sabes de la radiactividad?

Como pudiste analizar, no todos los núcleos atómicos permanecen inalterables en el tiempo. Algunos se vuelven inestables, ¿recuerdas que significa que un núcleo sea inestable?

Un núcleo es inestable cuando emite partículas y/o radiación electromagnética de manera espontánea, proceso conocido como **emisión radiactiva** o **radiactividad**.

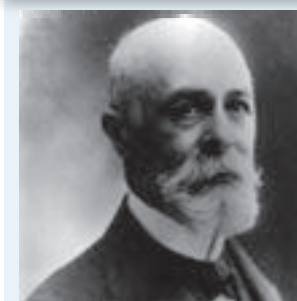
En 1896, el físico alemán **Henri Becquerel**, observó el fenómeno de emisión por primera vez (que más tarde se denominó radiactividad). Descubrió que ciertos minerales de uranio (U), ( $Z = 92$ ) eran capaces de velar una placa fotográfica en ausencia de luz externa. Realizó ensayos con el mineral en caliente, en frío, pulverizado, disuelto en ácidos y la intensidad de la misteriosa radiación era siempre la misma, por lo que concluyó que poseían la propiedad de emitir radiaciones en forma espontánea. Esta nueva propiedad de la materia no dependía de la forma física o química en la que se encontraban los átomos del mineral, sino que era una propiedad que radicaba en el interior mismo del átomo.

El estudio del nuevo fenómeno y su desarrollo posterior se debe casi exclusivamente al matrimonio Curie. La química polaca **Marie Curie** y su esposo, el físico francés **Pierre Curie** iniciaron una búsqueda sistemática de otras sustancias que emitieran radiaciones. Comprobaron que todos los minerales de uranio (U) las emitían y además aislaron otros dos elementos con idénticas propiedades: el polonio (Po de  $Z = 84$ ) y el radio (Ra de  $Z = 88$ ), a los que llamaron elementos radiactivos.



Imagen de la Pechblenda (mineral de uranio) con el que el matrimonio Curie trabajó, para lograr aislar el radio (Ra).

### MÁS QUE QUÍMICA



**Antoine-Henri Becquerel**  
(1852 - 1908)

Físico francés, hijo y nieto de destacados científicos y descubridor de la radiactividad. Fue doctor en ciencias y profesor del Museo de Historia Natural y de la École Polytechnique.

En sus inicios, investigó fenómenos relacionados con la rotación de la luz polarizada, y el espectro de la estimulación de cristales fosforescentes con luz infrarroja.

Después del descubrimiento de los rayos X (1895) por Wilhelm Röntgen, Becquerel descubre la radiactividad durante su investigación sobre la fluorescencia (1896)

En 1903, recibe el premio Nobel de Física junto a Pierre y Marie Curie, que son considerados los padres de la física moderna.



MÁS QUE QUÍMICA



**Marie Skłodowska Curie**  
(1867 – 1934)

Química y física polaca, que posteriormente se nacionalizó francesa. Fue profesora en la Universidad de París. Fundó el Instituto Curie en París y Varsovia y se casó con el físico Pierre Curie, juntos estudiaron materiales radiactivos. En 1911, recibe el premio Nobel de Química, como reconocimiento a sus méritos ganados por el desarrollo de la química así como por el descubrimiento de los elementos químicos radio (Ra) y polonio (Po); por la caracterización del radio y su aislamiento en estado metálico y por sus investigaciones acerca de la naturaleza y los compuestos químicos de este importante elemento.

**Marie Curie** dedujo que este nuevo fenómeno, al que denominó **radiactividad**, era una propiedad atómica. El fenómeno de la radiactividad se origina exclusivamente en el núcleo de los átomos radiactivos. Se cree que la causa que lo origina es debida a la interacción neutrón-protón del mismo. Al estudiar la radiación emitida por el radio (Ra) se comprobó que era compleja, pues al aplicarle un campo magnético, parte de ella se desviaba de su trayectoria y otra parte no.

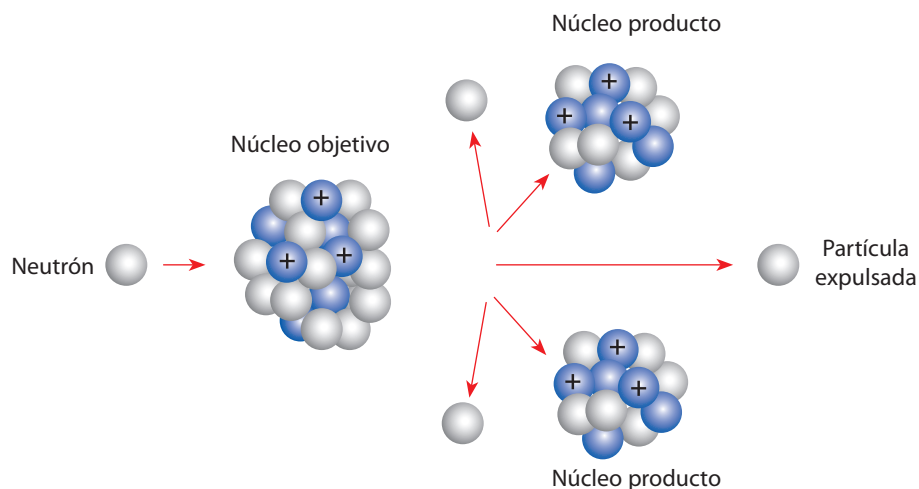
Todos los estudios anteriores indicaban que las “reacciones químicas ordinarias” discutidas hasta ese momento suponían cambios en las estructuras electrónicas externas de los átomos y moléculas. En cambio, estos nuevos fenómenos (reacciones nucleares) resultan de las modificaciones que tienen lugar en el interior de los núcleos atómicos, se produce una **transmutación nuclear** donde un núcleo se transforma en otro y se libera energía.

**a. Radiactividad natural y artificial**

La radiactividad puede ser de dos tipos, natural y artificial. La primera de ellas, la **radiactividad natural**, es un proceso mediante el cual un núcleo se desintegra espontáneamente liberando emisiones radiactivas y transformándose en un núcleo distinto.

Los esposos **Irène Curie** y **Frédéric Joliot** realizando diversos experimentos, determinaron que “al bombardear diversos núcleos atómicos con partículas alfa de gran energía, se pueden transformar en un núcleo diferente; por lo tanto, se transforma en un elemento que no existe en la naturaleza”, fenómeno que denominan **radiactividad artificial**. Al respecto concluyen “si la energía de las partículas es adecuada, entonces puede penetrar en el núcleo, generando su inestabilidad y, por ende, induciendo su desintegración radiactiva”.

En la radiactividad artificial o inducida, intervienen cuatro partículas: un núcleo objetivo, una partícula que bombardea, un núcleo producto y una partícula expulsada. Las partículas más utilizadas para bombardear núcleos, y así obtener diferentes isótopos, son los neutrones. Al tener carga neutra, evitan la repulsión entre la partícula y el núcleo, facilitando de este modo la interacción. La siguiente figura representa la radiactividad inducida:



**Procedimiento:**

- Debes tener cuidado de manipular el papel, y no exponerlo al sol.
- Dispón sobre el papel los diferentes objetos, utilizando las tenazas o pinzas; uno cerca de cada esquina y otro en el medio.
- Coloca el papel con los objetos dentro de la caja y tápalos.
- Déjalos aproximadamente tres días. Transcurrido ese tiempo, retira con cuidado los objetos del papel y observa si quedaron manchas en el.
- La presencia de manchas, indica que el papel estuvo expuesto a radiación y que el objeto es radiactivo.

**Responde:**

- 1 ¿Qué observas en el papel?
- 2 ¿Qué objetos podrías considerar radiactivos?
- 3 ¿Consideras que la radiactividad tiene algún propósito útil en el o los objetos que produjeron un resultado positivo?

**¡HAZLO EN TU CASA!****Habilidades a desarrollar:**

- Observar
- Deducir

**Materiales**

- Pinzas o tenazas
- Papel sensible a las radiaciones
- Caja de cartón con tapa
- Cinco objetos (pinza para ropa de madera, clip, tapa de una botella plástica, un trozo de toalla de papel, un puñado de tierra)

**b. Decaimiento radiactivo y tipos de radiación**

Hemos aprendido que existen isótopos radiactivos o radioisótopos que presentan núcleo inestables, los que se pueden estabilizar liberando radiación, proceso conocido como **decaimiento radiactivo**, durante el cual los núcleos inestables experimentan un proceso de **desintegración nuclear**, en el que ocurren una serie de reacciones nucleares, que culminan en la formación de un isótopo estable.

El decaimiento radiactivo se representa a través de **ecuaciones nucleares**, como se muestra a continuación:



Donde  ${}^A_ZX$  corresponde al núcleo radiactivo (núcleo padre)

${}^A_ZY$  corresponde al núcleo formado (núcleo hijo)

Entre 1896 y 1903 se realizaron una serie de experimentos para estudiar la naturaleza de las distintas radiaciones. Los resultados permitieron clasificarlas en tres tipos de emisiones: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ).

**b.1. Tipos de radiaciones****Radiación alfa ( $\alpha$ ):**

Consiste en un flujo de partículas formadas por dos protones y dos neutrones. Una partícula  $\alpha$  tiene una masa de 4 u y una carga igual a +2, y es idéntica a un núcleo de helio (un átomo de helio sin sus dos electrones).

Su símbolo es  ${}^4_2\text{He}$  y se producen en los núcleos de gran masa ( $Z > 83$ ); donde la fuerza de repulsión que se genera entre los protones tiende a superar la interacción nuclear fuerte que permite que el núcleo se mantenga unido. Esto hace que sean radiactivos. Para estabilizarse,





emiten radiación alfa, transformándose en núcleos de menor masa. Así, se obtiene un núcleo cuyo Z es dos unidades menor y su A es cuatro unidades menor.

Por ejemplo, el uranio (U – 238) que transmuta a torio (Th – 234), el cual es 4 unidades menor en su número másico (A) y 2 unidades menor en su número atómico (Z), como se observa a continuación:



Observa que la suma de Z en los productos es igual al Z de los reactantes, lo mismo sucede con A. Este hecho permite observar que la ecuación está equilibrada.

### Radiación beta ( $\beta$ ):

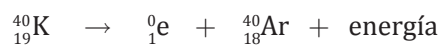
La radiación beta ( $\beta$ ) puede ser de tipo negativa o positiva.

La **radiación beta negativo**, se simboliza como  ${}_{-1}^0\text{e}$  y se produce cuando un núcleo inestable emite una partícula idéntica a un electrón, con el fin de mejorar la relación neutrones/protones. También se simboliza como  $\beta^-$  para reforzar el hecho de que su carga es negativa ( $-1$ ).

Se caracteriza porque un neutrón del núcleo atómico se transforma en protón, liberando en el proceso un electrón. En tanto, el protón permanece al interior del núcleo sin cambiar la masa atómica (A del núcleo padre es igual a A del núcleo hijo). Un ejemplo de radiación beta negativo, es la transmutación del Th – 234 en Pa – 234, como se observa a continuación:



La **emisión de positrones** o **beta positiva**, se simboliza como  ${}_{+1}^0\text{e}$  o  $\beta^+$ , cuya masa es idéntica a la de un electrón, pero su carga es positiva ( $+1$ ), se produce generalmente en núcleos cuya cantidad de protones es superior a la de neutrones. La partícula emitida se denomina positrón. Nuevamente la masa atómica permanece inalterada, como puedes observar en el siguiente ejemplo:

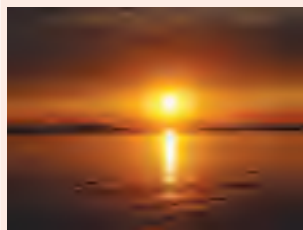


### Radiación gamma ( $\gamma$ ):

La emisión de partículas gamma ( $\gamma$ ) son radiaciones electromagnéticas como la luz, pero de gran energía, muy parecidos a los rayos X, y en ciertas ocasiones se presentan cuando ocurre una desintegración de partículas beta, o bien una emisión de positrones. La emisión gamma no implica cambios en el número Z ni en A, pues no poseen carga ni masa, razón por la cual en un núcleo no produce cambios en su estructura, sino pérdida de energía, gracias a lo cual el núcleo se compensa o estabiliza.

### SABÍAS QUE

Los llamados rayos cósmicos blandos se componen principalmente de rayos gamma, electrones o positrones, y la radiación cósmica primaria (que llega a las capas más altas de la atmósfera) se compone fundamentalmente de protones. Cuando la radiación cósmica interactúa con la atmósfera de la Tierra se forman en ella átomos radiactivos (como el tritio y el carbono-14) y se producen partículas alfa, neutrones o protones.



En el sitio

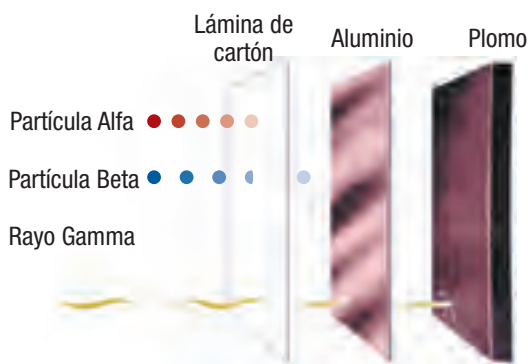
[http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos\\_aires/radiacion/tipos.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/radiacion/tipos.htm) podrás encontrar más información acerca de los tipos de radiaciones.

## b.2. Comparaciones emisiones radiactivas





Observa la siguiente imagen:



En la imagen se presentan los poderes de penetración de los distintos tipos de emisión radiactiva.

- ¿Cuál radiación tiene mayor poder de penetración en la materia?
- ¿Cuál radiación crees que es más veloz y cuál más lenta?
- Revisando las simbologías empleadas para cada radiación, ¿cuál es la de mayor y cuál la de menor masa?

Como has podido concluir, las radiaciones alfa, beta y gamma poseen características distintas, las que se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 26**  
Características de las emisiones radiactivas.

Características	Radiación Alfa ( $\alpha$ )	Radiación Beta ( $\beta$ )	Radiación Gamma ( $\gamma$ )
Masa	Elevada	Menor que la masa de las radiaciones $\alpha$	No tiene masa
Velocidad	Viajan a baja velocidad, en comparación a las radiaciones $\beta$	Viajan a una velocidad cercana a la velocidad de la luz ( $3 \cdot 10^8$ m/s)	Viajan a la velocidad de la luz ( $3 \cdot 10^8$ m/s)
Poder de penetración	Bajo, respecto de $\beta$ . Pueden ser detenidas por una hoja de papel y solo penetran la piel unos pocos milímetros.	Medio, mayor respecto de Alfa. Pueden atravesar la piel, pero son detenidas antes de alcanzar los órganos vitales.	Alto. Son capaces de atravesar la materia y de realizar amplios recorridos sin encontrar obstáculos. Traspasan fácilmente la piel y otras sustancias orgánicas, por lo que pueden causar graves daños en los órganos internos. Se necesitan gruesas capas de plomo para poder detenerlas.
Poder ionizante	Gran poder ionizante. Chocan fácilmente con las moléculas de aire, perdiendo parte de su energía. Si las partículas chocan con los electrones periféricos de un átomo, estos pueden ser arrancados por ellas, provocando que el átomo se ionice.	Cien veces inferior al de la radiación $\alpha$ .	Producto de la gran velocidad a la que viajan y la ausencia de masa, su poder de ionización es menor respecto de las emisiones $\alpha$ y $\beta$ .

### SABÍAS QUE

El instrumento más usado para medir la radiactividad, es el contador Geiger-Müller. Puede medir la radiactividad de un objeto o un lugar. Este detector, contiene un gas que se ioniza al paso de la radiación, contando el número de partículas o de fotones independientes de su naturaleza o su energía. Su funcionamiento se basa en que, tras crearse pares electrón- ión positivo en la ionización del gas producida por la radiación, estos son desplazados hacia dos electrodos en los que se establece una diferencia de potencial.



## c. Fusión y fisión nuclear



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Identificar
- Justificar
- Distinguir
- Comparar
- Deducir

- 1 Lee las siguientes frases y responde verdadero (V) o falso (F), según corresponda. Justifica las respuestas falsas.
  - a. \_\_\_\_ La radiación alfa, tiene un alto poder ionizante.
  - b. \_\_\_\_ Los isótopos son átomos que presentan el mismo Z, pero distinto A.
  - c. \_\_\_\_ Los núcleos se pueden desintegrar naturalmente por un número másico excesivo (mayor a 90 por ejemplo)
  - d. \_\_\_\_ En una reacción nuclear de desintegración, siempre se liberan rayos gamma.
  - e. \_\_\_\_ La radiactividad artificial, se produce cuando el hombre provoca alteraciones en el equilibrio natural de un núcleo atómico, independientemente de su tamaño y relación neutrón / protón.
  - f. \_\_\_\_ Para establecer el equilibrio en una ecuación de reacción química nuclear, es necesario verificar solamente que el número másico este en igual valor tanto en productos como reactantes.
  - g. \_\_\_\_ Cuando un átomo presente una proporción elevada entre neutrones y protones, será necesario liberar rayos beta positivo para lograr la estabilidad.
  - h. \_\_\_\_ Un elemento cuyo número másico y atómico indiquen que el núcleo es de gran tamaño, emitirá radiación alfa para alcanzar la estabilidad.
  - i. \_\_\_\_ Si un elemento W presenta un  $Z = 30$  y  $A = 90$ , se desintegrarse naturalmente liberando solo rayos gamma.
  - j. \_\_\_\_ Considerando el poder ionizante de los rayos alfa, beta y gamma, es correcto afirmar que deben ordenarse en orden creciente como: beta, gamma, alfa.
- 2 Para las siguientes reacciones:
  - a. Desintegración nuclear del radio-226, por emisión de rayos alfa.
  - b. Desintegración del torio-234 por emisión de rayos beta negativos.
  - c. Desintegración del potasio-40 por emisión de rayos beta positivo.
    - Plantea las ecuaciones nucleares que representan los procesos.
    - Explica brevemente, ¿por qué se libera cada una de las emisiones mencionadas?, indicando si la emisión se produce por: núcleo de gran masa, exceso de neutrones, o exceso de protones.
    - Para cada ecuación, identifica el núcleo hijo.
  1. Considerando la información que has estudiado hasta el momento, ¿cuál de las emisiones radiactivas es la más peligrosa para los seres vivos? Explica.
  2. Evalúa el nivel de logro respecto, del aprendizaje logrado, marcando con una x la opción que mejor te represente.



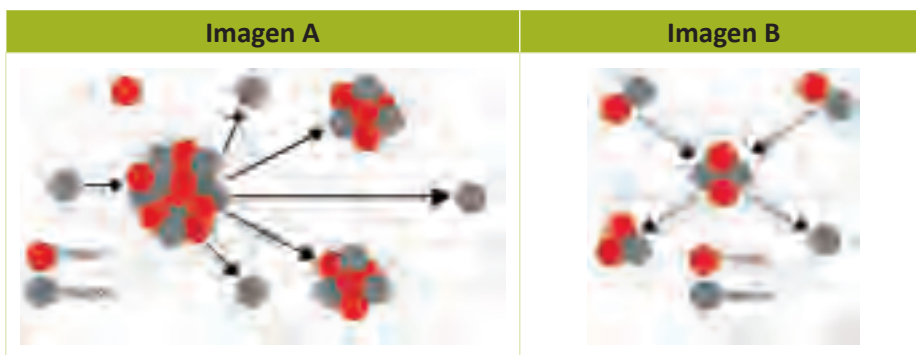
Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Identifico claramente los tipos de emisiones radiactivas?			
¿Comprendo que los isótopos radiactivos presentan un núcleo inestable, el cual se puede estabilizar liberando radiación?			
¿Se representan mediante ecuaciones nucleares, el decaimiento radiactivo?			
¿Puedo emplear el conocimiento adquirido, para comprender diferentes fenómenos?			



Tomar conciencia del proceso de aprendizaje te permitirá reforzar aquellos conocimientos que no has logrado comprender del todo. Para eso, responde honestamente las siguientes preguntas, ¿preparo las actividades que vamos a estudiar en las clases?, ¿entiendo los conceptos estudiados hasta el momento?, ¿presento una buena actitud para comprender los conceptos desarrollados en clases?, ¿me intereso por participar en las clases y preguntar lo que no entiendo?, ¿me intereso por aprender cosas relacionadas con los temas de las clases en mayor profundidad?

Observa atentamente las siguientes imágenes:



- ¿Qué diferencias observas?
- Identifica en cada una de las imágenes, el núcleo padre y el(los) núcleo(s) hijo(s).
- ¿Qué diferencia hay entre los núcleos hijos de ambas imágenes?
- ¿Cómo explicas lo que observas?

Como hemos aprendido hasta acá, un núcleo inestable se desintegra espontáneamente (radiación natural) o gracias a procesos artificiales



(radiación artificial) liberando emisiones radiactivas y transformándose en un núcleo diferente. Ambos procesos generan cambios en la naturaleza del núcleo, es decir, se produce una transmutación nuclear donde un núcleo se transforma en otro y se libera energía.

Este proceso se llama **radiactividad inducida**. Las reacciones de este tipo han permitido sintetizar cientos de radioisótopos, los que se utilizan en medicina, en la investigación científica, en la agricultura y en muchas otras áreas.

Como ya estudiamos anteriormente, en la radiactividad inducida intervienen cuatro partículas: un núcleo objetivo, una partícula que bombardea, un núcleo producto y una partícula expulsada. Las partículas más utilizadas para bombardear núcleos, y así obtener diferentes isótopos, son los neutrones. Al tener carga neutra, evitan la repulsión entre la partícula y el núcleo, facilitando de este modo la interacción.

Para que un núcleo pase a ser otro distinto, se pueden producir dos fenómenos. Por una parte, fragmentando el núcleo en dos de menor tamaño, o bien, agregando protones o neutrones, con lo que se obtiene un núcleo de mayor tamaño. Además, sabemos que en el interior de un núcleo actúan dos tipos de fuerzas: la fuerza de repulsión eléctrica, que tiende a separar los protones, y la fuerza nuclear fuerte, responsable de mantener los neutrones y protones unidos en el núcleo.

Para romper un núcleo se necesita vencer la fuerza nuclear fuerte; mientras que para agregarle más protones o neutrones se requiere superar la fuerza eléctrica. Ambos procesos son reacciones nucleares que liberan gran cantidad de energía. Entonces, podemos identificar que hay dos tipos de reacciones nucleares: **fisión nuclear** y **fusión nuclear**.

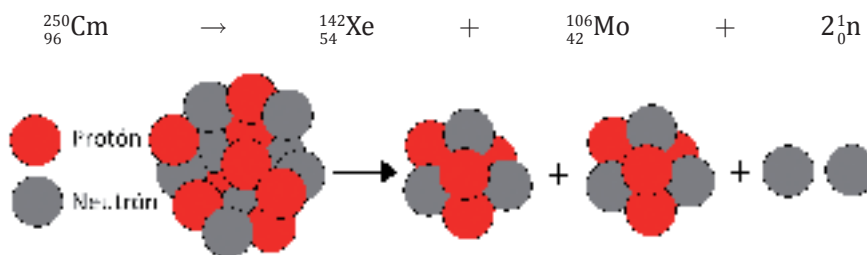
### RECUERDA QUE

La fuerza de repulsión eléctrica, es la fuerza que se produce entre cargas iguales. En el caso de los protones, esta fuerza es enorme, pero la fuerza nuclear fuerte, evita que el núcleo se rompa.

### c.1 Fisión nuclear

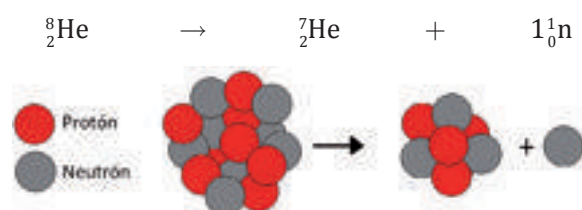
La **fisión nuclear** consiste básicamente, en la división del núcleo de un átomo en otros elementos, de forma que en esta reacción se libera gran cantidad de energía (200 MeV), la cual se transforma finalmente en calor. La división del núcleo en fragmentos más pequeños es acompañada de una emisión de radiación y la posible liberación de 2 o 3 nuevos neutrones.

Cuando este tipo de reacción ocurre naturalmente, tiene lugar la ruptura de un núcleo de gran tamaño para formar núclidos más ligeros y estables, proceso conocido como **fisión espontánea**. Durante este proceso, generalmente, el núclido se desintegrará en dos partes aproximadamente iguales y emitirá neutrones. Observa atentamente el siguiente ejemplo:



Cuando este proceso de fisión nuclear se puede controlar, la energía se libera lentamente y es, por ejemplo, transformada en energía eléctrica en un reactor nuclear de fisión como los utilizados en la actualidad en muchas partes del mundo.

También, en forma natural, es posible que algunos núclidos experimenten procesos de fisión por emisión de neutrones, fenómeno que se observa en un número pequeño de radionúclidos, todos con Z iguales o menores a 56; por ejemplo:



La fisión nuclear también puede ser inducida, es decir, producirse artificialmente por la colisión de una partícula que se desplaza (proyectil) contra el núcleo (blanco). Fue **Ernest Rutherford** quien efectuó en 1919 la primera desintegración artificial o inducida, al emplear como proyectiles, partículas alfa, generadas por desintegración radiactiva, para impactarlas contra N-14, que actuó como blanco, como se observa a continuación:



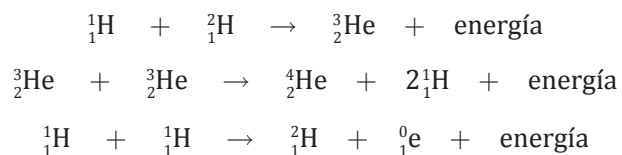
Este tipo de reacciones se denominan comúnmente “reacciones partículas - partículas”, porque una partícula es el reactivo y otra es el producto. También se denominan de **transmutación**, pues un elemento se modifica o se transmuta para dar otro elemento.

## c.2 Fusión nuclear

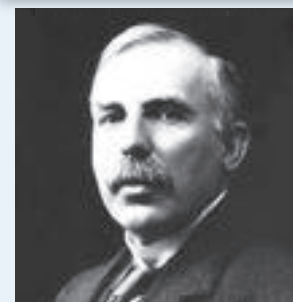
La fusión nuclear es una reacción en la que se unen dos núcleos ligeros para formar uno o más núcleos pesados y más estables.

En este proceso se libera gran cantidad de energía, porque la masa del núcleo pesado es menor que la suma de las masas de los núcleos más ligeros. La fusión nuclear, es un proceso que se investiga constantemente, con el objetivo de aprovechar al máximo la energía generada en la reacción.

La fusión nuclear, es el origen de la energía que produce el Sol, el cual se compone principalmente de hidrógeno (H) y helio (He). En su interior, las temperaturas son cercanas a 15 millones de grados Celsius, produciéndose las siguientes reacciones:



## MÁS QUE QUÍMICA



**Ernest Rutherford**  
(1871- 1937)

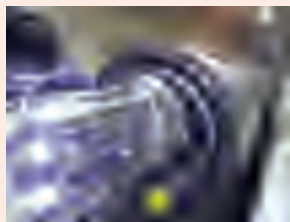
Físico y químico británico. Es considerado uno de los padres de la física atómica. Investigó sobre la detección de las radiaciones electromagnéticas y sobre la ionización del aire producida por los rayos X. Estudió las emisiones radioactivas descubiertas por H. Becquerel, y logró clasificarlas en rayos alfa, beta y gamma. En colaboración con F. Soddy, Rutherford formuló la teoría sobre la radioactividad natural asociada a las transformaciones espontáneas de los elementos (1902). En 1911 describió un nuevo modelo de átomo. En 1919 logra la primera transmutación artificial de elementos químicos mediante el bombardeo de un átomo de nitrógeno con partículas alfa. Recibió el Premio Nobel de Química de 1908 en reconocimiento a sus investigaciones relativas a la desintegración de los elementos. Entre otros honores, fue elegido miembro (1903) y presidente (1925-1930) de la Royal Society de Londres.





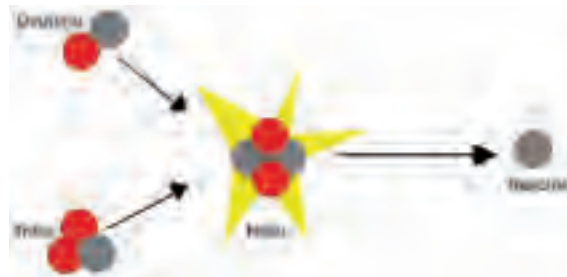
### SABÍAS QUE

Un acelerador de partículas, es un instrumento que utiliza campos electromagnéticos para acelerar las partículas cargadas eléctricamente de forma que éstas colisionen entre sí hasta alcanzar velocidades cercanas a la de la luz y energías muy elevadas. Las colisiones generan nuevas partículas subatómicas cuyo tiempo de vida es ínfimo, pero suficiente para poder ser estudiadas. El acelerador de partículas más potente del mundo en la actualidad es el del CERN, Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, también conocido como el gran colisionador de hadrones, LHC. Se encuentra ubicado en la frontera franco-suiza y se trata de un acelerador circular de 27 kilómetros de circunferencia.



Las reacciones de fusión, también son llamadas **reacciones termonucleares** porque se pueden llevar a cabo, solo a temperaturas muy elevadas.

No todas las reacciones de fusión producen la misma energía, ya que depende siempre de los núcleos que se unen y de los productos de la reacción. La reacción más fácil de conseguir es la del deuterio ( ${}^2_1\text{H}$ ) y tritio ( ${}^3_1\text{H}$ ) para formar helio y un neutrón, liberando una energía de 17,6 MeV convirtiéndose en una fuente de energía prácticamente inagotable, ya que el deuterio se encuentra en el agua de mar y el tritio es fácil de producir a partir del neutrón que escapa de la reacción, como se observa en la siguiente imagen y ecuación:



Parece una reacción fácil de conseguir, pero en realidad lograr la energía de las reacciones de fusión es muy complejo. Para ello se deben unir los núcleos de dos átomos. El problema radica en que los núcleos de los átomos están cargados positivamente, con lo que al acercarse cada vez, se repelen con más fuerza. Una posible solución sería acelerarlos en un **acelerador de partículas** y hacerlos chocar entre sí, pero se gastaría más energía en acelerarlos que la que se obtendría con las reacciones. Existen otras formas de producir reacciones de fusión por ejemplo, por confinamiento magnético.

En la actualidad, se han fabricado más de 2000 núclidos radiactivos, los que aseguran la permanencia de la actividad nuclear al permitir que elementos abundantes que naturalmente no son radiactivos produzcan elementos que sí lo son. Recuerda que el uranio es escaso al igual que otros radionúclidos naturales, puesto que se desintegran naturalmente hasta formar núclidos estables.

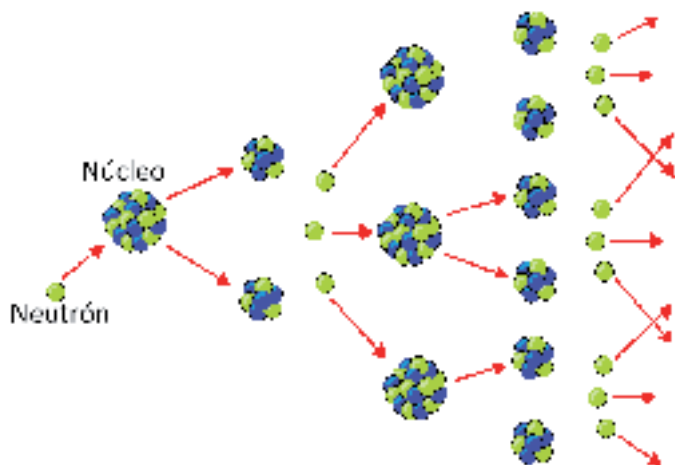
### d. Reacción en cadena

¿Has visto alguna vez en la televisión los concursos de efecto dómينو? Concursos en los que se disponen piezas de domino una tras otra para lograr impresionantes formas. Cada vez que un domino cae sobre el otro, provoca que ese empuje a otro, y así sucesivamente, hasta que caen todas las piezas.

- Considerando este caso, ¿qué aspecto deben tener en consideración los concursantes para causar el esperado efecto?, ¿qué sucede si la distancia entre las piezas es mayor, al tamaño de la propia pieza?



Observa atentamente la siguiente imagen:

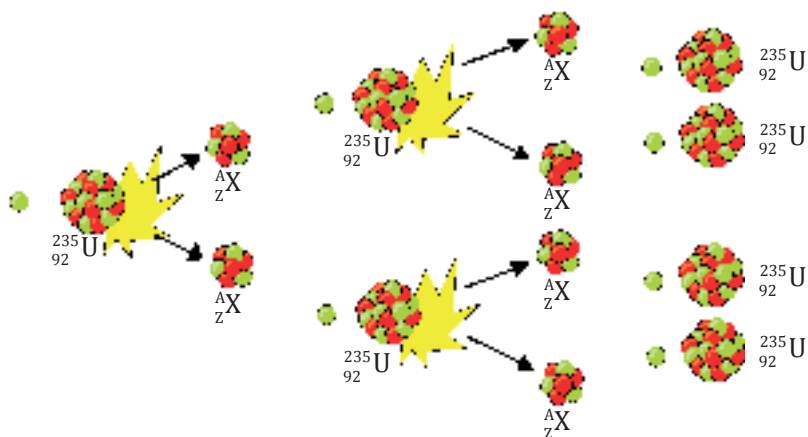


- ¿Qué asociación puedes hacer entre el juego de domino y la imagen?
- ¿Cómo asocia el título del tema que trataremos con la imagen?
- ¿Cómo definirías reacción en cadena?

Como has deducido de la actividad anterior, una reacción en cadena es un proceso mediante el cual un núcleo inestable se desintegra impactando con sus productos a otros núcleos, los que a su vez se desintegran provocando el mismo efecto sobre otros núcleos y así sucesivamente. Si una reacción en cadena no es controlada, puede provocar una gran explosión.

Este proceso, es posible cuando se tiene una cantidad mínima de núcleos fisionables, llamada **masa crítica**, es decir, una determinada y suficiente cantidad de átomos, que puedan mantener la reacción en cadena.

Supongamos que en una fisión nuclear se liberan 2 neutrones. Estos pueden fisiónar 2 nuevos núcleos atómicos, de donde se liberan 4 nuevos neutrones, los que a su vez harán impacto sobre 4 núcleos atómicos, y así sucesivamente. Por ejemplo, en la fisión nuclear del uranio - 235:



Junto con los productos de la fisión del uranio (U) emergen dos o más neutrones que alcanzando las condiciones adecuadas pueden fisiónar otros núcleos de uranio-235, lo que además le da una característica multiplicativa a esta reacción.

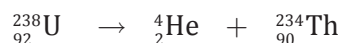
Es importante indicar que el núcleo no presenta una única forma de fisionarse y consecuentemente los productos de fisión tampoco son únicos, ya que pueden variar en cada reacción. Un ejemplo de fisión es:



En las reacciones nucleares, la masa de los productos casi nunca es igual a la masa total de los reactivos. Parte de la materia fisionable, se transforma en energía. La diferencia que se produce, se debe a la equivalencia que hay entre la masa y la energía según la ecuación de Einstein  $\Delta E = m \cdot c^2$

### e. Series radiactivas

Observa la siguiente ecuación nuclear:



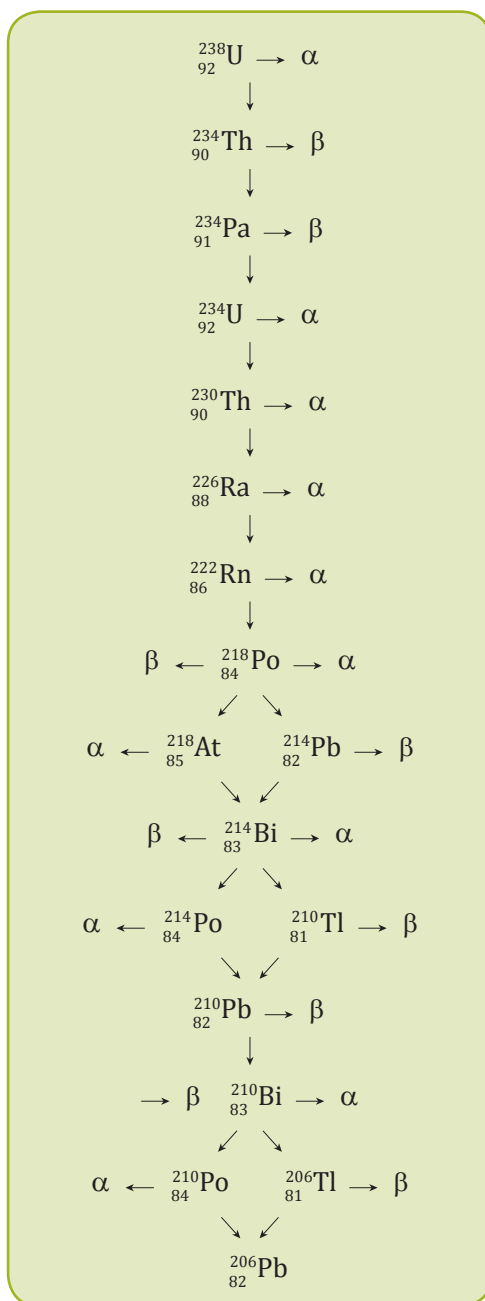
- Si el U – 238 emite radiaciones  $\alpha$  para transformarse en Th – 234, ¿conforma un átomo más estable?, ¿si, no?, ¿por qué?
- ¿Cómo lograría convertirse en un átomo más estable?

Aproximadamente 80 elementos de la tabla periódica son estables, es decir, están formados a lo menos por un isótopo no radiactivo. El resto, corresponden a núcleos radiactivos, que sufren desintegraciones hasta convertirse en un núcleo estable. Esta estabilidad se logra, en una o en varias etapas, a través de emisiones  $\alpha$  y  $\beta$ . Estas últimas ( $\beta$ ), van acompañadas frecuentemente, por radiaciones  $\gamma$

Una serie radiactiva es el conjunto secuenciado de reacciones nucleares que comienzan con un núcleo radiactivo y terminan con un núcleo estable.

Uno de los ejemplos más sencillos para comprender este fenómeno es la desintegración natural del U – 238 para convertirse después de 14 desintegraciones sucesivas en Pb- 206, que se observa en la imagen que corresponde al **átomo original** y de allí en adelante todos los productos se conocen como **derivados**.





Cadena de desintegración del uranio-238

Como hemos visto hasta aquí, la radiactividad es un fenómeno por el que el núcleo atómico emite uno o varios tipos de partículas, transmutándose a un estado de menor energía. Para poder comprender estos procesos, los científicos a lo largo de la historia han realizado diferentes experimentos, con el fin de conocer mejor el átomo, específicamente, su núcleo y las reacciones que en él ocurren.

Se debe saber que la radiactividad está en nuestro entorno, en las plantas que comemos, en el aire que respiramos en el suelo, etc., y que existe desde que se formó la Tierra. Por eso es importante estudiarla, para así comprenderla y entender sus aplicaciones.



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Identificar
- Deducir
- Clasificar
- Aplicar

1 Completa las siguientes oraciones:

- a. En el \_\_\_\_\_ los núcleos inestables se estabilizan liberando radiación alfa, beta y gamma.
- b. La emisión \_\_\_\_\_ se caracteriza por presentar una gran masa respecto las otras emisiones radiactivas, siendo su poder de penetración bajo y presentando una alto poder de ionización.
- c. Las emisiones \_\_\_\_\_ se producen generalmente cuando los núcleos presentan una mayor cantidad de protones que de neutrones.
- d. La \_\_\_\_\_ es el proceso mediante el cual un núcleo de gran tamaño se divide generando núcleos de menor tamaño.
- e. Durante la \_\_\_\_\_ es factible agregar partículas al núcleo para aumentar su tamaño.

2 Completa las siguientes ecuaciones nucleares y clasificalas si corresponden a fusión o fisión nuclear.

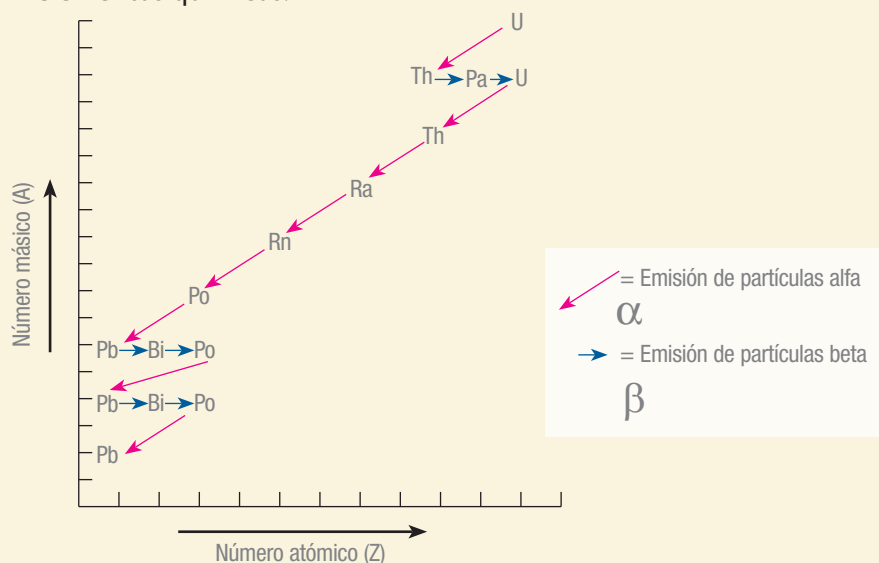
- a.  ${}_{41}^{96}\text{Nb} \rightarrow {}_{42}^{96}\text{Mo} + ?$
- b.  ${}_{84}^{196}\text{Po} \rightarrow ? + {}_{82}^{192}\text{Pb}$
- c.  ${}_{41}^{90}\text{Nb} \rightarrow ? + {}_{40}^{90}\text{Zr}$
- d.  ${}_{41}^{90}\text{Nb} + ? \rightarrow {}_{40}^{90}\text{Zr}$
- e.  ${}_{93}^{238}\text{Np} \rightarrow {}_{38}^{89}\text{Sr} + {}_{55}^{135}\text{Cs} + ?$
- f.  ${}_{58}^{139}\text{Ce} + {}_1^0\text{e} \rightarrow ?$
- g.  ${}_{92}^{237}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow ?$
- h.  $? \rightarrow {}_{75}^{137}\text{Re} + {}_2^4\text{He}$
- i.  ${}_{94}^{239}\text{Pu} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_0^1\text{n} + ?$
- j.  ${}_{76}^{169}\text{Os} \rightarrow {}_{74}^{165}\text{W} + ?$
- k.  ${}_{56}^{141}\text{Ba} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + ?$
- l.  ${}_{58}^{140}\text{Ce} + {}_0^1\text{n} \rightarrow ? + \gamma$
- m.  ${}_{12}^{23}\text{Mg} \rightarrow {}_1^0\text{e} + ?$
- n.  ${}_{35}^{87}\text{Br} \rightarrow {}_{35}^{86}\text{Br} + ?$





3 Considerando que el gráfico muestra la serie de desintegración de U-238 a Pb-206, escribe cada una de las ecuaciones nucleares. Las flechas indican las transformaciones que se inician en el uranio (U) y terminan en el plomo (Pb). Las flechas horizontales indican emisión de partículas  $\beta$  y las diagonales, emisión de partículas  $\alpha$ .

Para escribir las ecuaciones nucleares, utiliza la tabla periódica de los elementos químicos.



Evalúa el nivel de logro respecto, del aprendizaje logrado, marcando con una x la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Conozco las causas que llevan a un átomo a emitir rayos alfa, beta o gamma según corresponda?			
¿Comprendo que durante los procesos de fisión nuclear se produce la división de radioisótopos, obteniendo núclidos más ligeros?			
¿Comprendo que durante los procesos de fusión nuclear se produce la unión de radioisótopos y/o de estos con partículas, produciendo radioisótopos de mayor masa?			
¿Reconozco procesos de fisión o fusión nuclear en ecuaciones nucleares?			
¿Comprendo que es una serie radiactiva?			



## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Observar
- Formular hipótesis
- Registrar
- Analizar
- Interpretar datos
- Inferir
- Concluir
- Comunicar

### Materiales

- Cincuenta bolitas pequeñas, que pueden ser de plumavit  
Antes de la actividad, pinten con plumón o ténpera 22 rojas y 28 negras
- Dos rollos de plastilina
- Tres bolones de distinto tamaño
- Una honda o dos elásticos
- Recipiente plástico
- Regla de 30 cm
- Hoja blanca
- Cronómetro

## Velocidad de desintegración

### Estudiaremos

Velocidad de desintegración.

### Introducción

Considerando la imposibilidad de realizar trabajos experimentales relacionados con la formación o división de núclidos, en esta actividad reemplazaremos nucleones por “bolitas”, a fin de generar modelos que nos permitan estudiar el núcleo atómico.

Asimismo, considerando la cantidad de material disponible, trabajarás con núclidos “pequeños”.

Realiza el trabajo en equipo junto con otros estudiantes, sigue atentamente las instrucciones. ¡Manos a la obra!

### Paso 1: La exploración

Ya conocen los fenómenos de fisión y fusión nuclear, el proceso de desintegración radiactiva y la diferencia entre procesos artificiales y naturales. Por ello, es esencial que en el análisis de las actividades que realicen los apliquen. Si no los recuerdan, vuelvan a revisar los contenidos.

En esta actividad relacionaremos todos los conceptos claves que hemos trabajado anteriormente con un nuevo concepto fundamental en la comprensión de los procesos de desintegración radiactiva, la **vida media**.

### Paso 2: Preguntas de exploración

Para comenzar el trabajo, respondan las interrogantes planteadas a continuación, empleando diversas fuentes de investigación, por ejemplo, textos, artículos, Internet, etc.

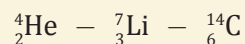
- 1 ¿Qué es la “vida media”?
- 2 ¿Cómo se relaciona la “vida media” con los conceptos claves aprendidos hasta aquí?

### Paso 3: Formulación de hipótesis

A partir de su investigación exploratoria documental y observando los materiales que emplearán en el desarrollo de esta actividad, formulen las hipótesis de investigación.

### Paso 4: Diseño experimental

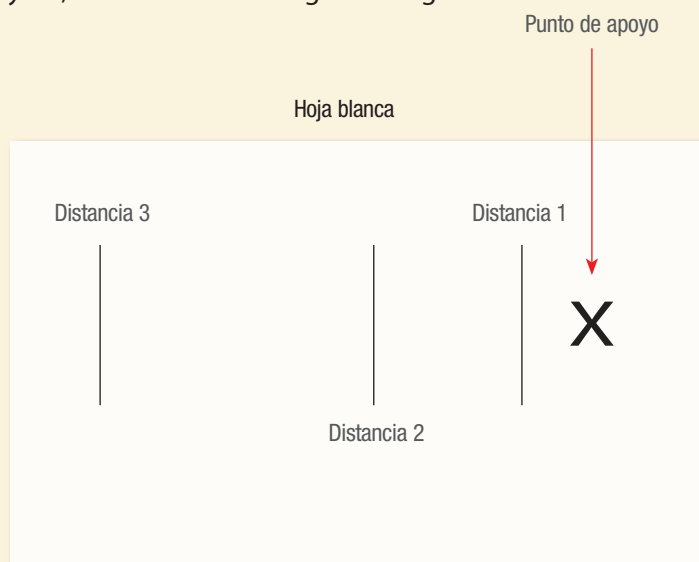
- 1 Considerando que las “bolitas” rojas representan protones y las negras los neutrones, formen los núclidos que se listan a continuación:



- 2 Harán dos núclidos de cada tipo, el primero uniendo los nucleones con pequeños trozos de plastilina, y el segundo, juntando los nucleones respectivos, pero sin utilizar la plastilina.
- 3 Dispongan los núclidos sin plastilina sobre el mesón de trabajo, al azar, a una distancia máxima de 5 cm entre cada uno.



- 4 Sobre una hoja blanca, con la ayuda de una regla, marquen tres distancias diferentes; por ejemplo 5 cm, 15 cm y 30 cm, desde un punto de apoyo X, como muestra la siguiente figura:



El punto de apoyo corresponde al lugar donde se ponen las manos con el elástico, y las distancias, los puntos hasta los cuales se estirarán los elásticos, para actuar como una “honda”.

- 5 Dispongan la hoja blanca marcada a 10 cm del núclido más cercano.
- 6 Determinen la masa de cada bolón. Si entre ellos no hay una gran diferencia de masa, envuélvanlos en plasticina para que se produzca una diferencia de masa mayor.
- 7 Una vez armado el sistema descrito, el trabajo consiste en impactar con los tres bolones (de distinto tamaño), en cada una de las distancias marcadas, a los núclidos dispuestos en su mesón de trabajo. Registren el tiempo que demora en detenerse la reacción desde el momento que se produce el lanzamiento.
- 8 Repitan la misma experiencia con los núclidos que están armados con plasticina.
- 9 Posteriormente, repitan la experiencia disponiendo al azar todos los núclidos sobre el mesón de trabajo.

#### **Paso 5: Registro de observaciones**

Recuerden registrar las observaciones de su trabajo experimental.

#### **Paso 6: Recopilación y ordenamiento de datos**

Confeccionen en conjunto un sistema que les permita organizar los datos para su interpretación y análisis.

#### **Paso 7: Análisis de datos**

Considerando los datos y observaciones obtenidas durante el procedimiento experimental, respondan las preguntas de exploración y las que a continuación se listan:



**AUTOCUIDADO  
Y MEDIO AMBIENTE**

Ordenen todos los materiales que han empleado en la actividad y dejen limpio su lugar de trabajo. Depositen los desechos de los materiales en los basureros dispuestos en la sala.

- 1 De acuerdo con sus observaciones, ¿qué conceptos claves están implicados en la actividad experimental desarrollada?
- 2 ¿Cómo afectan al proceso de desintegración la masa del bolón y las distancias de las cuales se lanzan para impactar a los núclidos?
- 3 ¿Cuál es la diferencia entre los núclidos armados con y sin plastalina?, ¿qué representa la plastalina?
- 4 ¿Qué relación pueden establecer entre la actividad desarrollada y los contenidos estudiados hasta aquí?

**Paso 8: Conclusión y comunicación de resultados**

Junto con tu equipo de trabajo, elabora un informe para comunicar tus resultados y plantea en él las conclusiones respecto a desintegración, las reacciones en cadena y la velocidad de desintegración.

**Paso 9: Evaluación del trabajo realizado**

Para finalizar el proceso, es importante evaluar los aprendizajes obtenidos así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo. Esto es fundamental para determinar aciertos que favorecieron el éxito del trabajo y posibles errores que pudieron ponerlo en riesgo. Completa la siguiente tabla marcando la opción que mejor te represente.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
Me preocupé de leer las habilidades que voy a desarrollar.			
Fui responsable en las labores que me fueron confiadas.			
Fui respetuoso del trabajo realizado por los otros integrantes del equipo.			
Me intereso por conocer la realidad y emplear el conocimiento adquirido y la información recibida para observar científicamente el mundo.			
Cooperé activamente para que el trabajo desarrollado fuera efectivo.			
La actividad planteada me permite desarrollar habilidades de investigación.			
Formulo preguntas de investigación empleando la creatividad.			
Formulo hipótesis empleando la creatividad y flexibilidad.			
Gracias a la actividad desarrollada, considero que la química es una herramienta valiosa para la comprensión de la relación entre el ser humano y su entorno.			
Observo que la física y la química son ciencias complementarias que buscan la explicación del comportamiento de la materia.			



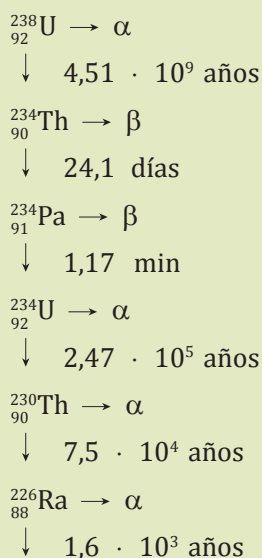
### 3. Velocidad de desintegración

Imagina la siguiente situación: un plátano verde, que se deja reposar en una fruta en la mesa del comedor de tu casa.

- Al cabo de 15 días, ¿qué esperarías que le sucediera al plátano?
- Lo que vaya sucediendo, ¿ocurrirá en los mismos periodos de tiempo?

Ahora bien, empleemos análogamente el ejemplo del plátano, con la desintegración del U – 238, que se muestra a la derecha (primera parte)

- ¿Qué observas en la imagen?
- ¿Qué crees que significa el tiempo asociado a cada proceso de desintegración?
- Si cada proceso de desintegración tiene un tiempo asociado, ¿cómo definirías “velocidad de desintegración”?
- ¿Qué relación puedes establecer entre el ejemplo del plátano y la desintegración del U – 238?



La velocidad de desintegración ( $v_t$ ) corresponde al número de átomos que se desintegran en un tiempo determinado, lo que se calcula empleando la fórmula:

$$v_t = \Delta N / \Delta t$$

Donde,  $\Delta N$  es el número de núcleos radiactivos que se han desintegrado, los que se determinan como la diferencia entre los núcleos radiactivos iniciales ( $N_o$ ) y el número de núcleos radiactivos que aún quedan ( $N_t$ ), de la forma  $\Delta N = N_o - N_t$

$\Delta t$  es el tiempo transcurrido en el proceso de desintegración.

Los decaimientos radiactivos siguen una cinética de primer orden, razón por la cual la velocidad es directamente proporcional al número de núcleos radiactivos presentes.

#### RECUERDA QUE

Una reacción de primer orden, corresponde a una reacción cuya velocidad depende de la concentración de los reactivos elevada a la primera potencia, en una reacción del tipo,  $A \rightarrow \text{productos}$ , donde la velocidad es:

$$\text{velocidad} = - \frac{\Delta [A]}{\Delta t}$$

La ley de velocidad, expresa la relación de velocidad de una reacción con la constante de velocidad y la concentración de los reactivos, elevados a alguna potencia.





Aplicando la ley de velocidad ( $v$ ) al decaimiento radiactivo en un tiempo dado se obtendrá la siguiente expresión:

$$v_t = -k \cdot N_t$$

Donde  $k$  es la constante de velocidad de primer orden. La que se obtiene empleando la siguiente expresión:

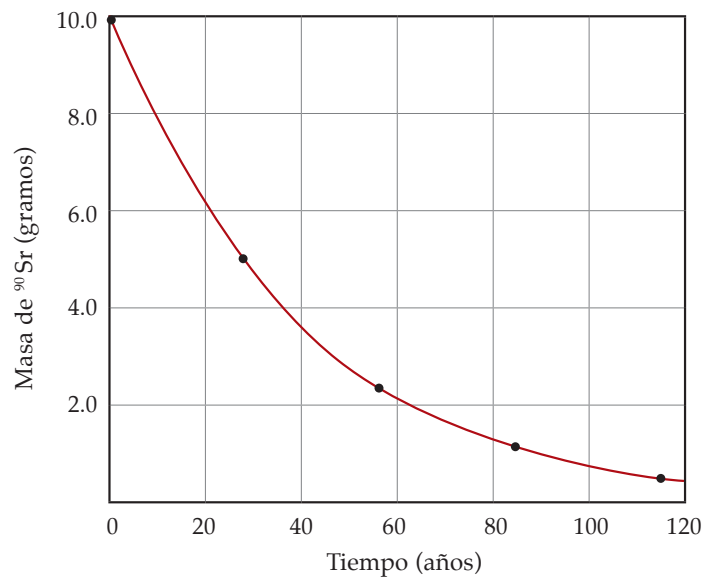
$$\ln N_t/N_0 = -k \cdot t$$

Donde  $N_0$  es el número de núcleos radiactivos iniciales.

$N_t$  es el número de núcleos radiactivos finales .

$t$  es el tiempo.

Observa atentamente el gráfico que representa la desintegración radiactiva del estroncio-90

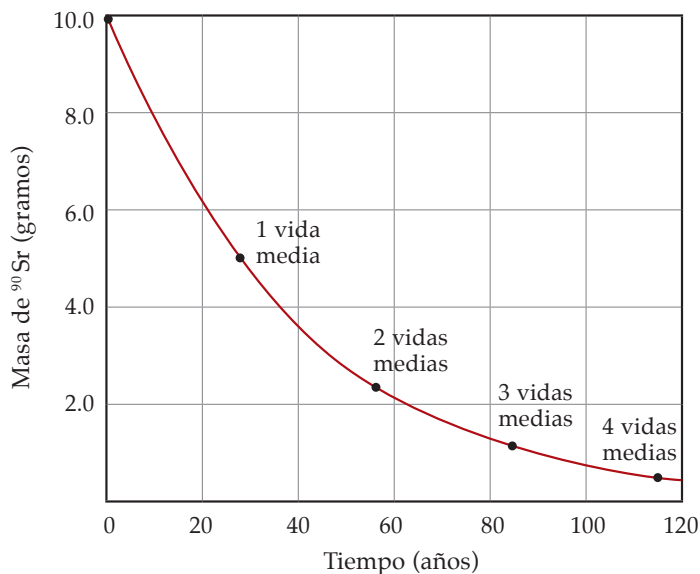


- ¿Qué información puedes obtener de él?
- ¿Es posible determinar la velocidad de desintegración en la variación de masa de 4 a 2 g de Sr – 90?, ¿cómo lo harías?
- ¿Qué diferencias observas entre los intervalos de masa 10 a 6 g y 4 a 1 g?, ¿por qué cambia la velocidad de desintegración?



### a. Vida media

Observa el gráfico que empleamos en la actividad anterior (desintegración Sr-90). Podrás observar que ahora aparecen 4 nuevos datos denominados “vidas medias”.



Completa la siguiente tabla considerando valores aproximados, según los datos de cada vida media:

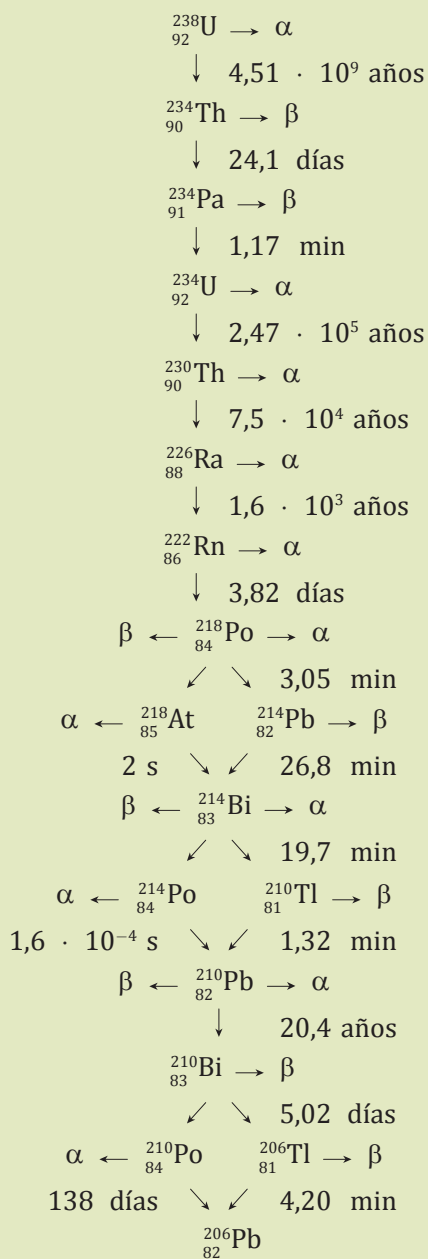
Vida Media	Masa Sr - 90 / g	Tiempo / años
1		
2		
3		
4		

- Según los valores obtenidos, ¿qué observas?
- ¿Existe alguna proporcionalidad entre ellos?
- Considerando la información obtenida, ¿cómo podrías definir vida media?

Los núcleos radiactivos pueden presentar distintos grados de inestabilidad en el tiempo, lo que se traduce, en que algunos procesos demoran años, otros días y algunos segundos, por ejemplo en la desintegración del U-238.

El mundo científico acuñó el concepto de vida media, para referirse a la velocidad a la que ocurren las desintegraciones.





Cadena de desintegración del uranio-238

La **vida media de un isótopo radiactivo** ( $t_{\frac{1}{2}}$ ) también conocido como “periodo de semi desintegración”, es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los núcleos de cualquier sustancia radiactiva en relación a su valor inicial. Así  $N_t$  será exactamente la mitad de  $N_0$ , es decir  $N_t = N_0 / 2$ , lo que aplicado a la expresión de velocidad  $\ln N_t/N_0 = -k \cdot t$  será:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k} \cdot \ln \frac{N_0}{N_0/2}$$

Expresión que al ser despejada y resuelta se expresa como:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k} \cdot \ln 2$$

Que finalmente queda expresada como:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{k}$$

Donde  $t_{\frac{1}{2}}$  es la vida media, y  $k$  es la constante de desintegración

Apliquemos el concepto de vida media a la desintegración del U – 238 que observas en la imagen lateral. Supongamos que sobre la mesa de un laboratorio, se encuentra una masa inicial de 300 g de U – 238. Según la información proporcionada por la imagen de desintegración, al cabo de  $4,51 \cdot 10^9$  años deberíamos medir exactamente 150 g de U – 238, pues el resto se habría transformado en Th – 234.

¿Qué sucedería si dejamos los 150 g de U – 238 sobre la mesa del laboratorio otros  $4,51 \cdot 10^9$ ?, ¿qué masa de U – 238 mediríamos?

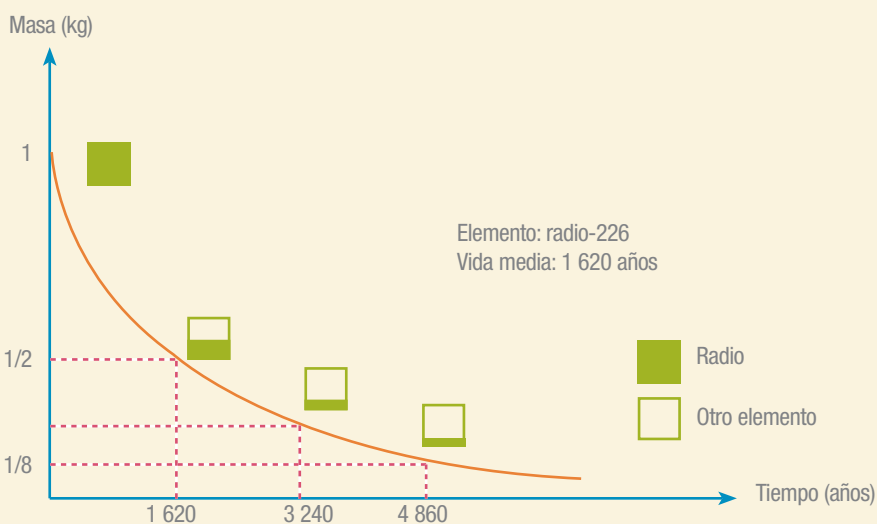
Cada isótopo tiene un tiempo de vida media característico. Los núcleos más inestables tienen vidas medias muy pequeñas, a veces inferiores a 1 segundo, y los más estables alcanzan vidas medias de varios millones de años. En general, se puede establecer que mientras más “corta” sea la vida media de un elemento, mayor será su rapidez de desintegración y más radiactivo será, como se observa en la siguiente tabla:



Tabla 27  
Rapidez de desintegración y vida media de algunos isótopos.

Isótopos	$k$ (constante de desintegración)	Vida media ( $t_{1/2}$ )
U - 238	$1,54 \cdot 10^{-10}$ años <sup>-1</sup>	$4,51 \cdot 10^9$ años
U - 235	$9,76 \cdot 10^{-10}$ años <sup>-1</sup>	$7,1 \cdot 10^8$ años
C - 14	$1,21 \cdot 10^{-4}$ años <sup>-1</sup>	5 730 años
Ra - 226	$4,28 \cdot 10^{-4}$ años <sup>-1</sup>	1 620 años
H - 3	0,0564 días <sup>-1</sup>	12,3 años
Mo - 99	0,0105 años <sup>-1</sup>	66 días
I - 131	0,0861 años <sup>-1</sup>	8,05 días
Po - 214	$4,23 \cdot 10^2$ s <sup>-1</sup>	$1,64 \cdot 10^{-4}$ s

1 Observa la siguiente curva de desintegración del Ra - 226 y responde las preguntas:



Curva de desintegración

- ¿Qué puedes concluir de la curva?
- Si el otro elemento que se forma en la gráfica, es por emisión de partículas alfa, ¿Qué elemento es? Escribe la ecuación que representa a la desintegración.
- ¿Qué sucedería si en lugar de 1 kg de material radiactivo, se tuvieran solo 500g?

## DESAFÍO

### Habilidades por desarrollar:

- Observar
- Interpretar
- Graficar
- Relacionar
- Calcular
- Inferir



- 2 Observando la tabla de "Rapidez de desintegración y vida media de algunos isótopos":
- ¿Cuál es la diferencia entre  $k$  y  $t_{1/2}$ ?
  - ¿Qué relación pueden establecer entre los valores de  $k$  y  $t_{1/2}$ ?
- 3 Una muestra radiactiva se decae según los datos de la siguiente tabla:

Tiempo (días)	Masa (g)
0	500
1	389
2	303
3	236
4	184
5	143
6	112

- Grafica la curva de desintegración. ¿Qué información se puede obtener del gráfico?
  - Calcula la constante de decaimiento, si la vida media del elemento es 24 días.
- 4 El decaimiento radiactivo del Tl-206 a Pb-206 tiene una vida media de 4,20 minutos.
- ¿Cuál es la ecuación que representa el proceso?
  - ¿Cuántos átomos de Tl-206 quedan después de 8,4 minutos?



El aprendizaje es el proceso de adquirir conocimientos, habilidades, actitudes o valores a través del estudio, la experiencia o la enseñanza. A partir de esto, responde las siguientes preguntas, ¿repaso los contenidos que aún no he aprendido?, ¿me esfuerzo para lograr los conocimientos y las habilidades que me enseñan?, ¿reconozco los errores y los aciertos en mi proceso de aprendizaje?





## Simulación de la desintegración radiactiva

## CIENCIA EN ACCIÓN

### Estudiaremos

El período de desintegración y su uso en la determinación de la edad de los materiales.

### Introducción

El descubrimiento de la radiactividad permitió a los científicos desarrollar nuevos métodos para la determinación de la edad de la Tierra, con resultados sorprendentes. ¡Nuestro planeta es mucho más antiguo de lo que la gente había pensado!

Con esta actividad, podrán comprender el mecanismo del período radiactivo, y determinar la edad, experimentando con monedas, para simular la desintegración radiactiva de diferentes isótopos.

A diferencia de las otras actividades propuestas, en esta ocasión les informaremos sólo el diseño experimental (Paso 4) y las preguntas del Paso 7 (Análisis de datos). Todos los otros pasos de la investigación, deberán ser desarrollados por el grupo.

### ¡Manos a la obra!

Consideren que, el núcleo de un isótopo radiactivo es inestable y espontáneamente se desintegra, expandiendo radiación y cambiando a un isótopo diferente. La velocidad con la que el núcleo se desintegra es constante. El período describe el intervalo durante el cual la mitad de los átomos originales se desintegran.

### Paso 4. Diseño experimental

- 1 Cada grupo tiene un set de monedas, que representan átomos de diferentes isótopos radiactivos. Las cajas simbolizan rocas que contienen esos isótopos. La misión de cada equipo es determinar el período de desintegración de su isótopo.
- 2 Cubran la caja y denle dos vueltas.
- 3 Saquen de la caja todos los átomos radiactivos que se hayan desintegrado, (representados por las monedas que muestren cara).
- 4 Registren en la tabla el número de átomos desintegrados y el número de átomos no desintegrados (representados por las monedas que muestran el valor).

	Pruebas		
	1	2	3
Átomos desintegrados			
Átomos no desintegrados			

- 5 Sustituyan los "átomos desintegrados" con los clips para representar los átomos estables en que se han convertido los átomos radiactivos.
- 6 Repitan los pasos hasta que todas las monedas hayan sido reemplazados por los clips (corresponde a las pruebas que realizarán).



### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Investigar
- Aplicar
- Graficar

### Materiales

- Caja de zapatos
- Ochenta monedas de 1 peso
- Ochenta clips para papel



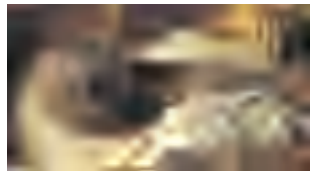
### Paso 7. Análisis de datos

Grafiquen el número de pruebas realizadas vs. el número de átomos sin desintegrar.

- ¿Cuántas pruebas es necesario hacer para que la mitad de los 80 átomos originales se desintegren?
- ¿Cuántas pruebas es necesario hacer para que la mitad de los átomos restantes se desintegren?
- Si cada prueba representa 1.000 años, ¿cuál es el período del isótopo en años?
- ¿Qué sugieren las curvas acerca de velocidad de desintegración radiactiva en general?

## b. Datación

Observa las siguientes imágenes:



Momia



Fósil marino



Trozos antiguos de madera

- ¿Sabes cómo los arqueólogos pueden determinar la antigüedad de cada uno de ellos?
- Un factor común entre todos los elementos observados es que son de origen orgánico y contienen carbono. ¿Cómo crees que influye este hecho en su datación?

La **datación radiactiva** se usa para determinar la edad de objetos de interés arqueológico; se basa en el cálculo de la cantidad relativa o concentración de un isótopo inestable, de vida media relativamente larga.

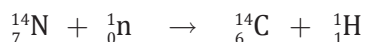
Así, las vidas medias del decaimiento radiactivo se han utilizado como “relojes atómicos”, para determinar la edad de algunos objetos. Ahora bien, la ubicación del objeto y la aproximación o estimación que hagan los arqueólogos determinará el isótopo que se utilice para la datación.

El carbono - 14, es uno de los isótopos más empleados, pero no el único, pues su límite como “reloj” esta precisamente en la vida media de 5 730 años.



### b.1. Datación con Carbono (C-14)

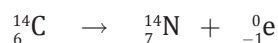
La atmósfera terrestre es constantemente bombardeada por rayos cósmicos de poder muy penetrante. Estos rayos, que se originan en el espacio exterior, están constituidos por electrones, neutrones y núcleos atómicos, y al entrar en contacto con la atmósfera, se produce la captura de neutrones por el nitrógeno atmosférico (isótopo N-14) para producir el isótopo radiactivo C - 14 e hidrógeno, como se muestra en la siguiente ecuación:



El isótopo de C - 14 una vez formado, se oxida a  ${}^{14}\text{CO}_2$ , entrando así al ciclo del carbono y circulando por la atmósfera los océanos y la biosfera.

Las plantas que son consumidas por los animales, absorben  $\text{CO}_2$  y lo transforman en compuestos orgánicos, incorporando así el C - 14 a los tejidos vivos; siempre y cuando la planta esté viva.

Este proceso continuará, y el porcentaje de carbono que corresponde al C - 14 en la planta, será igual al porcentaje en la atmósfera. Pero cuando una planta o animal muere, deja de captar C - 14. No obstante, la desintegración radiactiva continúa y la actividad del C - 14 disminuye a través de continuas desintegraciones nucleares, transformándose en N-14, como lo muestra la siguiente reacción:



Si el carbono - 14 tiene una  $t_{1/2}$  de 5730 años; a partir de la ecuación  $t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$  se puede obtener que el valor de  $k$  será:

$$k = \frac{0,693}{5730 \text{ años}} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

Este mismo cambio ocurre con los átomos de carbono atrapados en el carbón, el petróleo, la madera del subsuelo o en las momias, por ejemplo. Por lo tanto, al conocer la desintegraciones nucleares de una muestra, y la vida media del carbono -14, es posible calcular en qué momento murió una planta, o un animal que comía de esas plantas.

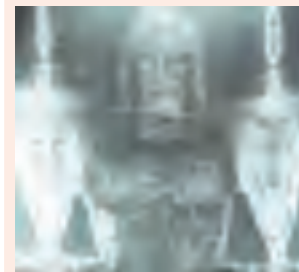
Como hemos estudiado hasta aquí, la vida media es el concepto utilizado para referirse a la velocidad con que ocurren las desintegraciones nucleares.

El estudio de los conceptos de vida media, nos sirven para comprender, cómo se logra determinar la edad de diferentes objetos arqueológicos, a través de proceso de datación radiactiva.

Estudiamos la datación por carbono-14, pero existen otros tipos de dataciones, por ejemplo, datación con uranio-238, datación con potasio-40, datación por torio-230 (que sirve para determinar la edad de sedimentos marinos de menos de un millón de años), entre otros métodos utilizados.

### SABÍAS QUE

El manto de Turín, un lienzo de lino de más de 4 m de largo, tiene una imagen tenue de un hombre que se observa en el negativo fotográfico de la imagen. Se ha argumentado que el manto fue la mortaja de Jesucristo. Se han efectuado numerosas pruebas a fragmentos del lienzo para determinar su origen y antigüedad. Los científicos que utilizaron el fechado por radiocarbono concluyeron que el tejido fue elaborado entre los años 1260 y 1390 d.C.



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Calcular
- Formular hipótesis

**1** En los huesos de una momia desenterrada en el norte de Egipto se han encontrado 0,2 g de C-14. Si se tiene en cuenta el tiempo de vida media del carbono-14 (5730 años), y se estima que la masa inicial de carbono-14 en los huesos era de 0,60 g

- a. ¿Cuántas vidas medias han transcurrido?, por ende,
- b. ¿cuál es la antigüedad del fósil?
- c. Interpreta tus resultados en un gráfico de masa de C-14 versus tiempo.

**2** Las vestimentas de una momia encontrada en el Sur de Chile fue sometido a pruebas de datación con C-14, determinándose que tenía una edad equivalente a 11 460 años bajo el supuesto de que la masa inicial de C-14 era de 0,125 g

Según la información proporcionada, determina cual de las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

- a. \_\_\_\_ La masa inicial de C-14 es equivalente a  $7,525 \cdot 10^{22}$  átomos de carbono.
- b. \_\_\_\_ La masa final de C-14 en el vestuario es igual a 0,3125 g
- c. \_\_\_\_ La edad calculada equivale a 3 veces la vida media del C-14.
- d. \_\_\_\_ La masa final de C-14 contiene exactamente  $1,88 \cdot 10^{22}$  átomos de carbono.

**3** Ingresar a:

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/actividades/paleo\\_c14/actividad.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/actividades/paleo_c14/actividad.htm) y desarrolla la actividad allí planteada. Lee atentamente y observa las animaciones interactivas disponibles antes de contestar los cuestionamientos formulados en el punto 3. "Cuestiones".



El alumno estratégico se conoce a sí mismo como aprendiz: planifica, regula y evalúa su propio proceso de aprendizaje, lo que lo lleva tanto a aprender significativamente el contenido que estudia como a aprender a aprender. Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿Tengo clara mi situación de aprendizaje?, ¿sé cuánto y qué he aprendido hasta aquí?, ¿uso técnicas de estudio apropiadas a mi estilo?, ¿relaciono los conceptos aprendidos, con los fenómenos que ocurren a mi alrededor?



# La radiactividad en el tabaco

Adaptación del artículo publicado en "Química". Raymond Chang. McGraw-Hill, 1996, 4º Ed., México.

Un título en el diario de circulación nacional "La Tercera" del 19 de marzo de 2003 anunció la entrada en vigencia de un nuevo sistema para reducir el consumo de tabaco en la población chilena, cada vez en aumento entre los jóvenes y mujeres.

## Gobierno opta por utilizar agresiva publicidad en cajetillas de cigarrillos

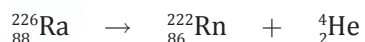
En ese tiempo, el gobierno optó por utilizar agresiva publicidad en cajetillas de cigarrillos, con leyendas, mensajes directos y fotografías impactantes (como la mostrada en el lateral) ya que, según un sondeo realizado por una consultora privada, este tipo de mensajes tiene un efecto directo sobre los fumadores, inhibiendo el consumo.

En el país mueren cada año cerca de 13 mil personas por patologías asociadas a la ingesta de humo, principalmente cáncer de pulmón, enfermedades cardiovasculares e infarto al corazón.



La advertencia general "fumar es dañino para la salud" puede sonar lejana para los consumidores, aun cuando la relación entre el cáncer y el humo del cigarrillo está claramente establecida desde hace muchos años. Esta relación también se produce a nivel ambiental, ¡sí!, pues existe un contaminante radiactivo que proviene directamente de las hojas de tabaco con las que se fabrican los cigarrillos.

Las tierras en las que crecen las mejores plantaciones de tabaco son tratadas con fertilizantes fosfatados, ricos en uranio y sus productos de decaimiento, siendo uno de los más importantes el siguiente:



El radón-222, es un gas no reactivo que emana del decaimiento del Ra-226 y está presente en altas concentraciones en los gases del suelo y en la capa de aire superficial bajo la capa de vegetación que provee el campo donde crece el tabaco. En esta capa, algunos de los descendientes del radón-222, como el polonio-218 o el plomo-214, se unen firmemente a la superficie y en el interior de las hojas de tabaco.

Las reacciones sucesivas que llevan al Rn-222 a formar el Pb-210 son muy rápidas, llegando en un corto tiempo a presentar altas concentraciones, que posteriormente se depositan en cada cilindro fabricado con dichas hojas.

Durante la combustión del cigarrillo, las pequeñas partículas de humo insoluble

son inhaladas y depositadas en el tracto respiratorio del fumador para finalmente ser transportadas y almacenadas en el hígado, bazo y médula ósea de cada individuo.

Ciertamente, el contenido de Pb-210 no es suficientemente alto para "hablar" de daño directo, pero recordaremos que es un isótopo de vida media "larga" (20,4 años) y decaerá al interior del organismo formando productos como Bi-210 y Po-210. Evidentemente, este proceso se acrecienta y aumenta por cada inhalada de humo, por ende se convierte en un proceso permanente y acumulativo.

### Preguntas para la reflexión:

- 1 ¿Qué te parecen las imágenes que se presentan actualmente en la cajetilla de los cigarrillos?
- 2 ¿Qué significado le darías a la advertencia "fumar es dañino para la salud", pero desde una perspectiva química?
- 3 Investiga qué significado tiene que un fumador se "pasivo". ¿Cómo será el daño para ese tipo de fumadores?

### Habilidades que se desarrollarán:

- Analizar
- Investigar
- Discutir

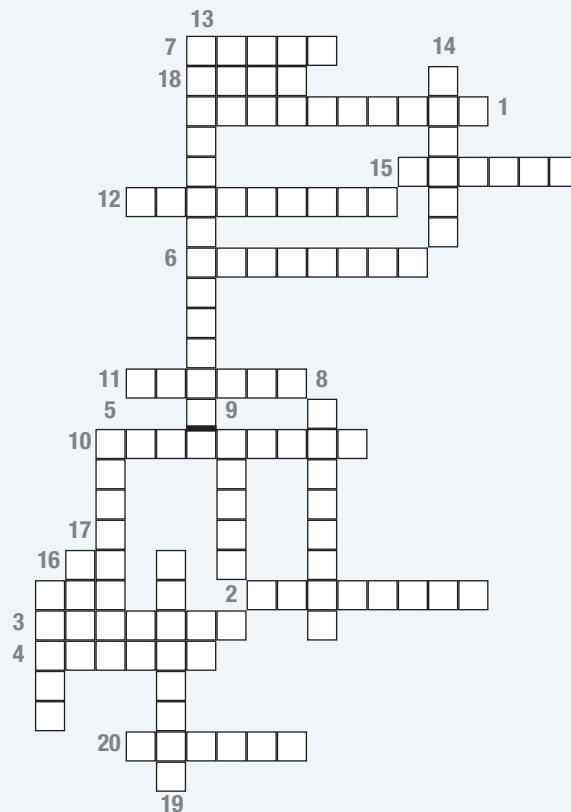


## Revisemos lo aprendido: Tema 1

I. **Crucigrama.** Según los datos entregados, completa el crucigrama con los conceptos clave estudiados en esta unidad.

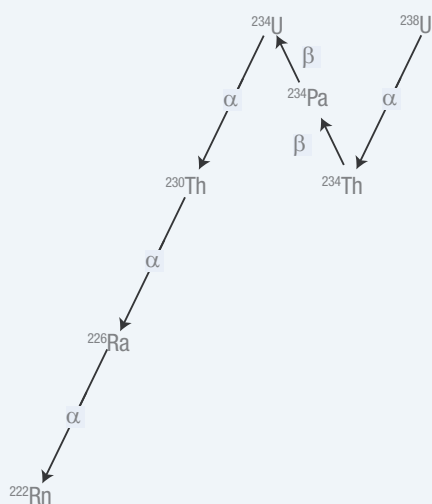
- 1 Científico que descubrió gracias a sus trabajos experimentales el núcleo atómico.
- 2 Científico que descubrió la existencia del neutrón.
- 3 Número que señala la cantidad de protones existentes en el núcleo.
- 4 Número que indica la masa del núcleo, incluidos ambos nucleones.
- 5 Nombre que recibe las especies nucleares y que se representa de la forma:  ${}^A_ZX$
- 6 Núcleos de un mismo elemento que presentan distinta cantidad de neutrones.
- 7 Propiedad del núcleo que hace referencia a la distancia entre su centro y su punto más extremo, suponiendo comportamiento de esfera.
- 8 Propiedad del núcleo que hace referencia a la cantidad de nucleones que existe en un volumen específico.
- 9 Propiedad del núcleo que hace referencia a su forma o estructura.
- 10 Fuerzas que se producen en el interior del núcleo.
- 11 Partículas que son constituyentes del protón.
- 12 Científico que identificó por primera vez el fenómeno de la radiactividad al constatar que películas fotográficas se velaban en presencia de sales de uranio.
- 13 Propiedad de algunos elementos para emitir radiación espontáneamente, bautizada por Marie Curie.
- 14 Proceso mediante el cual dos núcleos ligeros se pueden unir para formar núcleos más pesados.

- 15 Proceso mediante el cual un núcleo inestable se divide para formar otros más estables.
- 16 Emisión de alta velocidad y elevado poder penetrante.
- 17 Emisión radiactiva de velocidad media y bajo poder penetrante.
- 18 Emisión más baja de las tres conocidas, con una velocidad extremadamente baja y un poder de penetración casi nulo por su alta masa.
- 19 Técnica que permite determinar la edad de objetos arqueológicos, gracias al empleo de radioisótopos.
- 20 Reacción de fisión que avanza sin límites.



II. Desarrolla los siguientes ejercicios.

- 1 Escribe el símbolo de los siguientes núclidos e indica qué tipo de desintegración podrían sufrir. Justifica tu respuesta:
  - a. Núclido que contiene 27 protones y 48 neutrones.
  - b. Polonio-212.
  - c. Plomo-208.
- 2 Escribe las ecuaciones nucleares que explican las siguientes reacciones y clasifica como fisión o fusión según corresponda:
  - a. Desintegración del Po-212 en Pb-208.
  - b. Br-82 emite partículas beta.
  - c. El antimonio-166 emite un positrón.
  - d. El cadmio-118 experimenta una desintegración beta.
  - e. El californio-254 reacciona produciendo molibdeno-106 y 4 neutrones.
- 3 Determina las ecuaciones nucleares que explican las siguientes etapas del decaimiento radiactivo del uranio.



## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para este tema. Recuerda ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideras que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Comprendo la estructura del núcleo atómico y sus propiedades.			
Puedo escribir la representación simbólica de un núclido.			
Sé que el número másico (A) corresponde a $Z + N$ .			
Sé que los núcleos con igual Z pero distinto A se denominan isótopos.			
Sé que la estabilidad nuclear depende de factores como la relación proporcional entre Z y N.			
Entiendo que en el cinturón de estabilidad se ubicarán aquellos átomos de $Z < 82$ y cuya proporción Z y N sea igual o superior a 1.			
Conozco emisiones alfa, beta y gamma en procesos de fisión nuclear.			
Comprendo que durante los procesos de fisión nuclear se produce la división de radioisótopos, obteniendo núclidos más ligeros.			
Comprendo que durante los procesos de fusión nuclear se produce la unión de radioisótopos y/o de estos con partículas, produciendo radioisótopos de mayor masa.			
Entiendo el concepto de vida media y datación radiactiva.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un L. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# TEMA 2

## Aplicaciones de la energía nuclear

### En este tema estudiarás:

- Reactores y centrales nucleares
- Aplicaciones de los radioisótopos.
- Armas nucleares.
- Efecto en los seres vivos.

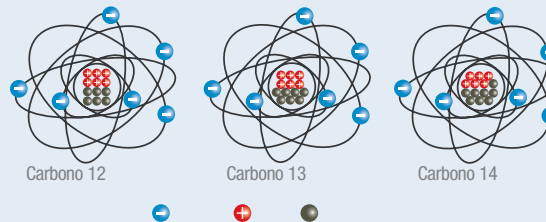
### ¿Qué necesito recordar antes de abordar este tema?

- Radiactividad.
- Fisión y fusión.

### Y para comenzar...

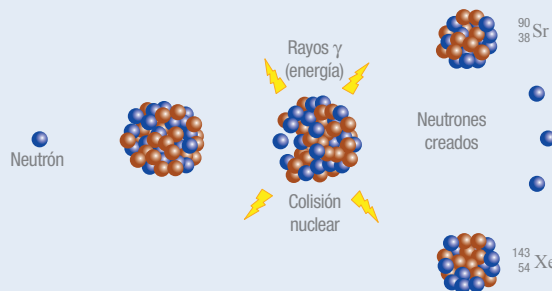
1. Observa atentamente las siguientes imágenes y luego responde:

Imagen 1



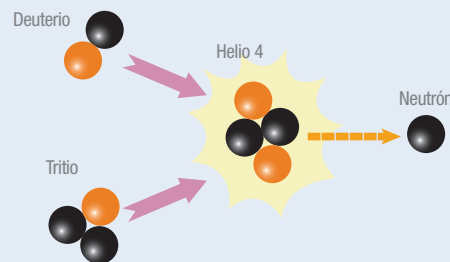
- ¿Qué representan y cuáles son sus diferencias?
- ¿Se producirá desintegración radiactiva del C-12? Fundamenta tu respuesta. Si se produce desintegración del C-13 y C-14, ¿Qué emisión radiactiva será liberada respectivamente?

Imagen 2



- ¿Qué representa?, ¿cuándo ocurre este fenómeno?
- ¿Qué relación se puede establecer entre la imagen 1 y la 2?

Imagen 3



- ¿Qué representa?, ¿cuándo ocurre este fenómeno?
- ¿Cuáles son las grandes diferencias entre los procesos representados en las imágenes 2 y 3?

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	Mucho	Algo	Poco
¿Comprendo el concepto de radiactividad?			
¿Identifico qué es y cómo se produce la fisión y la fusión nuclear?			

Si mayor cantidad de respuestas corresponden al indicador "Poco", te invitamos a revisar nuevamente los contenidos previos para abordar esta unidad.



## Usos de la energía nuclear en Chile

### Estudiaremos

- Importancia de la energía nuclear.

### Introducción

La energía nuclear es en algunos países una de las “energías alternativas” más empleadas, principalmente porque se considera que es una de las más limpias respecto a los otros tipos de energías disponibles actualmente, como el carbón y el petróleo, y además tiene un alto poder energético. Otros aspectos relacionados con la utilización de esta energía se refieren al grado de avance tecnológico que esta conlleva y a los recursos destinados para su investigación y producción. Esto se refiere principalmente a que se requiere de gente especializada para el manejo de este tipo de energía y de la mantención de los reactores nucleares donde esta se produce y almacena.

En Chile, aunque lejos de ser un país de grandes recursos nucleares, se ha avanzado de manera importante.

La energía nuclear también está presente en nuestro país y su contribución a la medicina, agronomía, entre otras actividades, resulta fundamental.

En Chile, la “Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)” es la encargada de “atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía nuclear, así como de los materiales fértiles fisiónables y radiactivos”.

Como en otras actividades de indagación, te proponemos que constituyas un grupo de trabajo donde elaboren todos los pasos de una investigación, para responder a la siguiente pregunta, ¿cuál es la importancia y los usos de la energía nuclear en Chile?

### ¡Manos a la obra!

A continuación te presentamos algunas preguntas, que guiarán su investigación:

- 1 ¿Qué es un reactor nuclear?
- 2 ¿Qué tipos de reactores nucleares existen?
- 3 Basándose en investigación bibliográfica de diversas fuentes, o bien, ingresando a la página web <http://www.cchen.cl/> donde encontrarán información sobre las funciones que realiza la CCHEN y los centros de energía nuclear que tiene a su cargo. Revisen la información relacionada con las instalaciones que posee Chile de energía nuclear y la labor que cumple cada uno.
- 4 Investiguen también sobre los productos y servicios que habitualmente realiza a la comunidad. ¿Cuál es la importancia de ellos?
- 5 Con la información obtenida intenten responder. ¿Cuáles son las aplicaciones de los radioisótopos obtenidos por la CCHEN?, ¿por qué se usan radioisótopos en el tratamiento de tumores malignos y cáncer?, ¿cuáles son los principios químicos y biológicos que explican su aplicación?, ¿por qué se usan radioisótopos en la conservación de alimentos?

## CIENCIA EN ACCIÓN



### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Formular
- Desarrollar
- Comunicar
- Concluir
- Evaluar

### Materiales

- Diferentes fuentes de información, como: Internet, textos, revistas, videos, etc.



A partir de la investigación realizada, concluyan respecto a los siguientes puntos:

- 1 ¿Cuál es la importancia de la energía nuclear en Chile?
- 2 ¿Creen que Chile debe invertir en energía nuclear?
- 3 Si en el lugar donde viven se propone la construcción de un reactor nuclear, ¿cuál sería su opinión? Justifiquenla.
- 4 Investiguen cuáles son los tratados de “usos pacíficos de la energía nuclear” y qué países están suscritos a ellos. Junto con sus profesores de química e historia, conversen: ¿existe alguna relación entre los tratados y la situación pasada, actual o futura de los países miembros?

Para comunicar lo aprendido realicen un informe que tenga una introducción sobre el tema, que responda las preguntas realizadas en la actividad y planteen una conclusión, además de su propia opinión respecto a la utilización de la energía nuclear en Chile, como energía alternativa.

Para finalizar el proceso es importante evaluar los aprendizajes obtenidos, así como observar las fortalezas y debilidades del trabajo en equipo.

Completa la siguiente tabla marcando la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo realizado.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Comprendo que es un reactor nuclear?			
¿Conozco los centros de estudios nucleares que posee nuestro país?			
¿Soy responsable en las labores que me fueron asignadas, como parte del trabajo en equipo?			
¿Reconozco los beneficios de la utilización de tecnologías nucleares?			
¿Comprendo y asumo con humildad las críticas y observaciones de mis compañeros(as), entendiendo que me las indican a fin de mejorar?			
¿Valoro el aporte de las tecnologías nucleares en diferentes áreas?			
¿Demuestro respeto por mis compañeros(as) a través de mis acciones, vocabulario y gestos?			
¿Entiendo que los beneficios de la utilización de tecnologías nucleares para el ser humano están directamente relacionados con la voluntad de trabajar para la paz y comprometer su uso única y exclusivamente para el bien de la humanidad?			





# 1. Reactores y centrales nucleares

## **Lee atentamente la siguiente noticia:**

El sitio de noticia online de Chile, tituló el jueves 05 de julio de 2012, lo siguiente:

Informe confirma que desastre nuclear de Fukushima fue “causado por el hombre”.

El duro análisis de una comisión parlamentaria afirma que los gobiernos, las autoridades de regulación y la empresa privada fracasaron “en su deber de proteger a la gente”.

TOKIO. El accidente nuclear de Fukushima fue “un desastre causado por el hombre” y no simplemente una consecuencia del terremoto y el tsunami gigante ocurridos el 11 de marzo de 2011 en el noreste de Japón. La dura conclusión figura en el informe evacuado por una comisión parlamentaria que investigó el hecho.

“Queda claro que este accidente fue un desastre causado por el hombre. Los gobiernos anteriores y el de aquel entonces, las autoridades de regulación y la Tokyo Electric Power fracasaron en su deber de proteger a la gente y a la sociedad”, afirmó la comisión investigadora japonesa en su informe final.

La información surgió en el momento en que Japón comenzó a reactivar sus plantas nucleares luego de un “apagón” forzado por las consecuencias de la catástrofe. La iniciativa ha generado protestas en ese país, estimuladas por la grave experiencia sufrida con la destrucción de la planta en Fukushima.

## **Construcción vulnerable**

El accidente, el más grave ocurrido desde la catástrofe de Chernobyl (Ucrania) en 1986, se produjo tras un sismo de magnitud 9 en la región de Tohoku (noreste), que desencadenó un tsunami en todo el litoral.

Una ola de cerca de 15 metros de altura arrasó las instalaciones de la central nuclear Fukushima Dai-ichi, sumergiendo los sistemas de enfriamiento de reactores y generadores de emergencia situados en el subsuelo.

“El 11 de marzo, pensamos que la central era vulnerable a los terremotos y a los tsunamis”, estimó la comisión.

El operador del sitio, Tokyo Electric Power (Tepco), siempre afirmó que el accidente había sido consecuencia de un tsunami de dimensiones imprevisibles.

“Eso se asemeja a una excusa para eludir responsabilidades”, respondió en su informe la comisión, la que destacó que “Tepco y las autoridades de regulación estaban al corriente de los riesgos de tsunami y de sismo”.



“A pesar de que hubo varias oportunidades para tomar medidas, las agencias de regulación y la dirección de Tepco deliberadamente no hicieron nada, postergaron sus decisiones o tomaron las medidas que les convenían. No se adoptó ninguna medida de seguridad en el momento del accidente”, agregó el informe.

Los efectos de la tragedia todavía están presentes en el norte de Japón, donde más de 20 mil personas fueron evacuadas tras la destrucción de las instalaciones nucleares, en medio de contradictorias decisiones adoptadas por las autoridades japonesas y con el temor a la radiactividad.

- ¿Qué conocimientos tienes acerca de la noticia que acabas de leer?
- ¿Qué relación puedes establecer, con el contenido que vas a estudiar?



En el sitio

[http://www.elmundo.es/especiales/2011/terremoto-japon/terremoto\\_tsunami.html](http://www.elmundo.es/especiales/2011/terremoto-japon/terremoto_tsunami.html) podrás comprender el acontecimiento y reconocer las estructuras más importantes de un reactor y de una central nuclear.

Una vez explorado el sitio, comenta junto a tus compañeros:

- ¿Qué es un reactor nuclear?
- ¿Qué es una central nuclear?
- ¿Cuáles son las partes constitutivas de un reactor nuclear?, ¿cuál es la función de cada una de ellas?
- ¿Cuáles son las partes del reactor que fallaron, según el informe de Fukushima?

Los reactores nucleares son, sin lugar a dudas, una de las construcciones monumentales del ser humano. Gracias a ellos es posible controlar procesos de fisión nuclear y obtener radioisótopos que se emplean en diversas aplicaciones industriales, médicas, entre otras.

Un **reactor nuclear** corresponde a una “instalación física donde se produce, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena”. Por lo tanto, en ellos se utiliza un combustible adecuado que permita asegurar la normal producción de energía generada por las sucesivas fisiones de isótopos inestables.

Una **central nuclear** es una instalación formada por un reactor conectado a un sistema de generación eléctrica. La energía obtenida en una central nuclear es enorme en comparación con la producida en una central termoeléctrica.

### RECUERDA QUE

La fisión nuclear es un proceso en el que un núcleo pesado, se divide, para formar núcleos más pequeños y uno o más neutrones.



Reactor nuclear del Centro de estudios Nucleares de lo Aguirre, Ruta 68, camino a Valparaíso.



Central nuclear Kashiwazaki –Karima, Japón, la más grande del mundo.



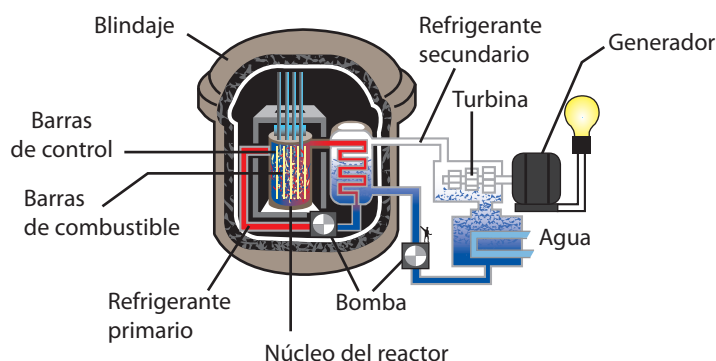
El primer reactor construido en el mundo fue operado en 1942, en dependencias de la Universidad de Chicago (EE.UU.), bajo la atenta dirección del famoso investigador **Enrico Fermi**. De ahí el nombre de “Pila de Fermi”, como posteriormente se denominó a este reactor. Su estructura y composición eran básicas si se le compara con los reactores actuales, que basan su confinamiento y seguridad en sólidas paredes de ladrillos de grafito.

En la actualidad, independiente del tipo de reactor (investigación o potencia), todos disponen de una estructura básica común. Algunas de ellas encargadas de permitir el control de la reacción nuclear y otras de proveer seguridad en el proceso e incluso en caso de fallas materiales, humanas o naturales, como los terremotos.

### a. Estructura Básica

En el sitio [http://www.elmundo.es/especiales/2011/terremoto-japon/terremoto\\_tsunami.html](http://www.elmundo.es/especiales/2011/terremoto-japon/terremoto_tsunami.html) que exploraste en la actividad anterior, cada vez que revisas una reactor (1 al 5) se despliega una imagen que explica los problemas asociados al accidente nuclear.

Dichos esquemas son muy similares al que a continuación se presenta, obsérvalo atentamente:



Considerando la información proporcionada y el esquema del reactor nuclear:

- ¿Cuál crees es la función de cada uno de los sistemas básicos de un reactor?
- ¿Crees que la estructura de un reactor de potencia (que se usa para producir energía) será distinto a uno de investigación (que producen radioisótopos)? ¿En qué crees que se diferenciarán?

Un reactor nuclear consta de varios elementos que cumplen un papel importante en la generación de energía. Estos elementos son:

- **Sistemas de control:** Corresponde al sistema que, como su nombre lo indica, controla la reacción nuclear, permitiendo el inicio y detención de las fisiones nucleares en cadena. El sistema está constituido por las **Barras de control** (generalmente de cadmio (Cd) o boro (B)) capaces de capturar los neutrones que se encuentran en el medio circundante, evitando que se produzcan nuevas fisiones de núcleos atómicos del material combustible. Se sitúan en el núcleo del reactor y bajan automáticamente cuando la **instrumentación de**

### MÁS QUE QUÍMICA



**Enrico Fermi**  
(1901 -1954)

Físico nuclear de nacionalidad italiano. Sus primeros trabajos los realiza en el campo de la física atómica y molecular. Entre 1933 y 1949, se dedicó a la Física nuclear.

En 1933 su teoría de la radiactividad “beta” dio forma cuantitativa al proceso de la transformación de un neutrón en un protón mediante la emisión de un electrón y un neutrino. Estudió sobre el trabajo realizado por el matrimonio Joliot-Curie.

En 1934 descubrió la radiactividad provocada por un bombardeo de neutrones. Luego, vio que las sustancias hidrogenadas y, en general, los elementos ligeros podían disminuir la velocidad de los neutrones después de choques elásticos. Con esto, entre 1935 y 1936, estudió las propiedades de absorción y difusión de los neutrones lentos.

En 1938 recibe el premio Nobel de Física por sus trabajos y a fines de ese mismo año, se trasladó a los Estados Unidos y trabajó en la Columbia University de Nueva York, y luego, a partir de 1942, en la Universidad de Chicago, donde, tras las investigaciones llevadas a cabo con diversos colaboradores, hizo funcionar el 2 de diciembre de 1942 una pila de uranio y grafito, el primer reactor nuclear.



### MÁS QUE QUÍMICA

El agua ligera es el agua común, que está compuesta por dos átomos de protio ( ${}^1_1\text{H}$ ) y un átomo de oxígeno ( ${}^{16}_8\text{O}$ ). El agua pesada corresponde a una molécula que tiene la misma composición química equivalente al agua, pero los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por deuterio ( ${}^2_1\text{H}$ ).

**monitoreo** (que puede ubicarse en el interior o en el exterior del núcleo del reactor) detecta parámetros no establecidos de presión, temperatura, nivel de radiación, etc.

- **Moderador:** Los neutrones obtenidos de la fisión nuclear emergen con velocidades muy altas. Para asegurar continuidad de la reacción en cadena, es decir, procurar que los “nuevos neutrones” sigan colisionando con los núcleos atómicos del combustible, es necesario disminuir la velocidad de estas partículas. Para ello se emplea un **moderador**, que permite disminuir la energía cinética de los neutrones rápidos mediante choques con átomos de otro material adecuado, como puede ser el agua natural (agua ligera), el agua pesada (formada por deuterio ( ${}^2_1\text{H}$ ) y oxígeno (O)), el carbono (grafito), entre otros.
- **Refrigerante:** El calor generado por las fisiones se debe extraer del núcleo del reactor. Para lograr este proceso se utilizan fluidos en los cuales se sumerge el núcleo. El fluido no debe ser corrosivo, pero sí poseer gran poder de absorción calorífico y tener pocas impurezas. Se puede utilizar como refrigerante el agua ligera, el agua pesada, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), entre otros.
- **El combustible:** Corresponde a material fisionable utilizado en cantidades específicas. Se encuentra en forma sólida, siendo el más empleado el isótopo de U-235.
- **Barras de combustible:** Es el lugar físico donde se confina el combustible nuclear, generalmente en forma de láminas planas, separadas por una distancia específica, que permite la circulación de fluido para disipar el calor generado.
- **Núcleo del reactor:** Está constituido por las barras de combustible. El núcleo posee una forma geométrica que le es característica, refrigerado por un fluido, generalmente agua. En algunos reactores, como los utilizados en Chile, el núcleo se ubica en el interior de una piscina con agua a unos 10 a 12 metros de profundidad, o bien al interior de una vasija de presión construida en acero.
- **Blindaje:** En el interior de un reactor se producen todo tipo de radiaciones en gran cantidad, las que se distribuyen en todas direcciones posibles. Para evitar que los operarios del reactor y el medio externo sean sometidos indebidamente a tales radiaciones, se utiliza un adecuado blindaje que rodea al reactor. Los materiales más usados en la construcción de blindajes para un reactor son el agua, el plomo (Pb) y el hormigón de alta densidad.
- **Sistemas de contención:** Está constituido por una serie de barreras múltiples (4 en total) que impiden el escape de la radiación y de los productos radiactivos.
  - La primera barrera, en cierto tipo de reactores, es un material cerámico que recubre el elemento combustible.
  - La segunda barrera es la estructura que contiene el combustible.
  - La tercera barrera es la vasija que contiene el núcleo del reactor.



- La cuarta barrera la constituye el edificio que alberga al reactor en su conjunto. Se conoce con el nombre de "Edificio de contención", y se construye de hormigón armado de, a lo menos, 90 cm de espesor, como se observa en la siguiente figura:

Reactor Nuclear



### ***b. Tipos de reactores: de investigación y de potencia***

Se distinguen actualmente dos grandes tipos de reactores nucleares, los de **investigación** y los de **potencia**. Estos últimos, a su vez, se clasifican como reactor de agua en ebullición (BWR) y reactor de agua a presión (PWR).

Los reactores de investigación utilizan los neutrones generados en la fisión para producir radioisótopos, o bien para realizar diversos estudios en materiales para la investigación científica y tecnológica.

Los reactores de potencia utilizan el calor generado en la fisión para producir energía eléctrica, desalinización de agua de mar, calefacción, o bien para sistemas de propulsión.

#### **Reactor de agua en ebullición (BWR)**

Se caracterizan por:

- Utilizar agua natural purificada como moderador y refrigerante.
- Emplear como combustible generalmente el U-238 enriquecido con U-235.

En ellos, el calor generado por la reacción nuclear se utiliza para hacer hervir el agua, que genera una enorme cantidad de vapor. Este se introduce en una turbina, que acciona un generador eléctrico. A su vez, el vapor que sale de la turbina pasa por un condensador, donde es transformado nuevamente en agua líquida. Posteriormente, esta vuelve al reactor al ser impulsada por una bomba.

La siguiente imagen muestra el reactor BWR

### **MÁS QUE QUÍMICA**

Existen otros criterios para clasificar diversos tipos de reactores. Por ejemplo, según la velocidad de los neutrones que emergen de las reacciones de fisión se clasifican como reactores térmicos. Si el criterio es el combustible utilizado, se distinguen reactores de uranio natural o de uranio enriquecido. Según el moderador que se utilice, que puede ser el agua ligera, el agua pesada o el grafito, entre otros criterios.





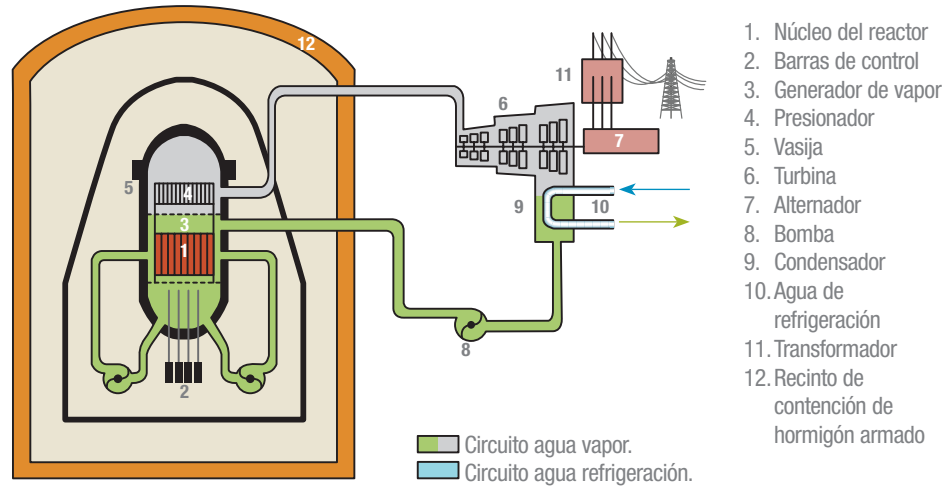


Imagen extraída de <http://www.cchen.cl/>

### Reactor de agua a presión (PWR)

Se caracteriza por:

- Tener como refrigerante agua a gran presión.
- Usar como moderador agua o grafito.
- Su combustible también es U-238 enriquecido con U-235.

El reactor se basa en el principio de que el agua sometida a grandes presiones puede evaporarse sin llegar al punto de ebullición, es decir, a temperaturas mayores de 100 °C. El vapor se produce a unos 600 °C, el que pasa a un intercambiador de calor, donde es enfriado y condensado para volver en forma líquida al reactor.

En el intercambio hay traspaso de calor a un circuito secundario de agua. El agua del circuito secundario, producto del calor, genera vapor, que se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico.

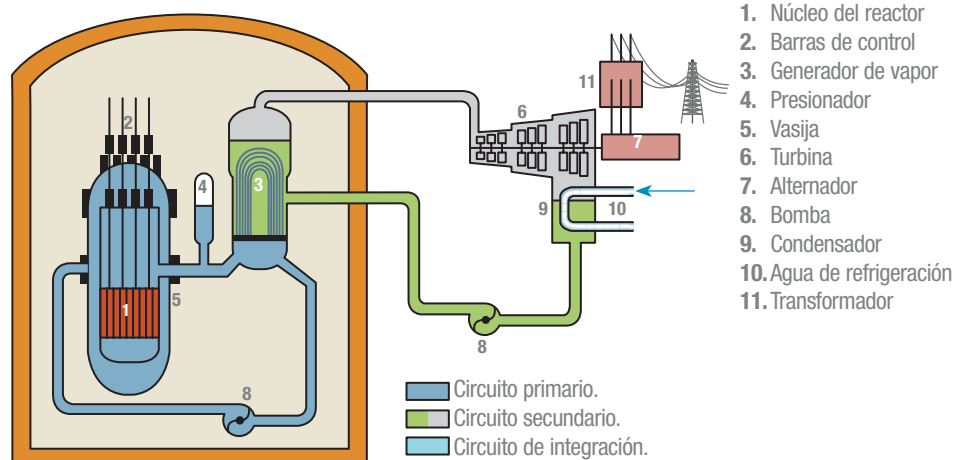


Imagen extraída de <http://www.cchen.cl/>



### c. Ventajas y desventajas

La producción de energía nuclear, radioisótopos y sus posteriores aplicaciones, genera un amplio debate ético, político, ecológico en el que evidentemente encontramos defensores y opositores.

Las razones que unos u otros disponen en sus argumentos se listan de manera simplificada a continuación. Lee atentamente y luego comenta y debate con tus compañeros las preguntas que se disponen al final del texto. Identifica las ventajas y desventajas del uso de energía nuclear, en comparación con otras fuentes de energías renovables y no renovables, en el contexto de los requerimientos energéticos del país.

#### Ventajas:

- La energía nuclear desempeña un papel importante en el retraso del calentamiento global, ya que no emite gases invernadero como  $\text{CO}_2$ , ni tampoco partículas de carbón o cenizas.
- Los residuos radiactivos generados por estas centrales se pueden reducir considerablemente aplicando nuevas tecnologías. Las centrales que usan combustibles fósiles, como carbón, petróleo o gas, generan toneladas de residuos sólidos de muy difícil manejo.
- Se evita la dependencia de los combustibles fósiles cuyos precios se han incrementado notablemente en los últimos años debido a razones políticas. Además, los recursos fósiles no son renovables.

#### Desventajas:

- Una central nuclear siempre emite radiaciones que pueden afectar la salud de las personas y deteriorar el medioambiente, por lo cual su funcionamiento constituye un riesgo, aunque la central se encuentre operando normalmente.
- Produce desechos altamente radiactivos de manejo complicado; radioisótopos como el estroncio-90 deben ser almacenados en tambores blindados por ciertos períodos de tiempo, a la espera de que su actividad radiactiva decaiga.
- Existe el riesgo de accidentes nucleares, como los ocurridos en Fukushima 2011, Chernobyl en 1986, el de Three Miles Island (EEUU) en 1979.
- El costo de instalación de una planta de este tipo es muy elevado y se requiere un cierto nivel de desarrollo tecnológico para instalar y mantener un parque nuclear.
- Si se masifica el uso de este tipo de energía en países con proyectos de expansión militar, aumenta el riesgo de proliferación de armas nucleares.



En el sitio

[http://exterior.pntic.mec.es/pvec0002/e\\_nuclear.html](http://exterior.pntic.mec.es/pvec0002/e_nuclear.html) podrás recordar los conceptos de fusión y fisión nuclear y además, revisar sus ventajas y desventajas.



### MÁS QUE QUÍMICA

En el Sistema Internacional (SI) el megavatio (MW) es una unidad de potencia equivalente a un millón de vatios (lo que conocemos como watt).  
1 MW = 1 000 000 W

El uso de la energía nuclear para la producción de otro tipo de energía, ha sido una de las aplicaciones más importantes a nivel mundial.

En nuestro país las necesidades energéticas actuales han puesto en el debate público el uso de nuevas tecnologías para responder a la demanda energética actual y futura, entre ellas la nuclear.

Actualmente se generan diversos proyectos energéticos entre los cuales se encuentran:

#### Central Termoeléctrica Renca



Esta central se encuentra en el Complejo Termoeléctrico Renca, Región Metropolitana. La planta está compuesta por dos unidades de 50 MW cada una, que usa como combustible carbón o petróleo diesel especial.

- *Comparando este tipo de energía con la energía nuclear, ¿cuáles son las ventajas y desventajas de las Termoeléctricas respecto a la energía nuclear?*

#### Parque eólico Canela



Esta central se encuentra en la IV Región de nuestro país. La planta está compuesta por 51 unidades generadoras (hélices), que producen una total de 187,6 MWh anuales, cuyo “combustible” es el viento.

La construcción de la planta fue iniciada bajo los nuevos estándares de cuidado del medio ambiente, razón por la cual Endesa debió realizar actividades de mitigación como fueron: reforestación de zonas intervenidas, trasplante de cactáceas, perturbación controlada de cururos (roedor endémico de Chile Central).

- *Comparando este tipo de energía con la energía nuclear, ¿cuáles son las ventajas y desventajas del Parques eólico respecto a la energía nuclear?*



## Proyecto HidroÁysen



Proyecto que consiste en la construcción y operación de cinco centrales hidroeléctricas, dos en el río Baker y tres en el río Pascua, ubicadas en la XI Región. El complejo hidroeléctrico aportará

2 750 MW al Sistema Interconectado Central (SIC) con una capacidad de generación media anual de 18 430 GWh. Su “combustible” es el agua que cae en pendiente.

- *Comparando este tipo de energía con la energía nuclear, ¿cuáles son las ventajas y desventajas de las centrales hidroeléctricas respecto a la energía nuclear?*

- 1 A partir de lo que has leído y considerando las ventajas y desventajas de la energía nuclear y de otras formas de energía, te invitamos a responder las siguientes preguntas:
  - a. ¿Es preferible la instalación de un reactor de potencia, respecto a una termoeléctrica, para proveer energía eléctrica? ¿Qué crees?
  - b. Agreguemos una nueva variable al respecto, ¿Es preferible la instalación de un reactor de potencia respecto a una termoeléctrica, para proveer energía eléctrica en tu región?
- 2 Investiga, cuáles son las ventajas y desventajas, de cada uno de los distintos tipos de generación de energías; hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas y nucleares.
- 3 En tu colegio y familia entrevista al menos a 50 personas y consúltales: Considerando las necesidades energéticas actuales y futuras de nuestro país, ¿qué tipo de generadores de energía prefieren; hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas o nuclear?, ¿cuál es el motivo de su elección? Organiza la información que te proporcionaron los encuestados, considerando elección y fundamento. Elabora una conclusión, sobre la investigación realizada.
- 4 Observando la información, evalúa:
  - a. ¿Estamos bien informados los chilenos frente a las necesidades energéticas del país y de las posibles fuentes de obtención de energía?
  - b. ¿Consideras que la energía nuclear es una opción para responder a nuestras necesidades energéticas, por sobre otros tipos?
  - c. Te invitamos a que debatas en grupos sobre las anteriores preguntas, fundamentando tus posturas frente al tema.

## DESAFÍO

### Habilidades por desarrollar:

- Investigar
- Comprensión lectora
- Organizar información
- Debatir
- Concluir



Completa la siguiente tabla marcando la opción que mejor te represente para evaluar el trabajo realizado.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Reconozco las ventajas y desventajas de la utilización de la energía nuclear?			
¿Conozco cuales son los principales proyectos energéticos de Chile?			
¿Tengo una opinión con fundamentos claros, acerca de qué tipo instalación para generar energía, es el mejor para el país?			
¿Investigo y recopilo información en fuentes confiables, con el fin de profundizar mis conocimientos?			
¿Realizo una encuesta a diferentes personas, para luego analizar la información y concluir sobre lo investigado?			



Realizar procesos exhaustivos de investigación es una de las herramientas más valiosas del mundo científico. Desarrollarlo correctamente se aplica no solo a la Química, también es una habilidad para la vida.

Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿busque fuentes de información fiables?, ¿comparé lo que una fuente señala, con la que otra distinta propone?, ¿relaciono la información obtenida, con los contenidos abordados?



En el sitio

<http://www.endesa.cl/canela/> podrás obtener mayor información sobre el Parque eólico Canela, generador de energía eólica.





## 2. Aplicaciones de radioisótopos

- ¿Qué otras aplicaciones de los radionúclidos conoces o has escuchado?
- ¿Todas las aplicaciones de los radionúclidos, serán para producir energía?, ¿qué crees?

La energía nuclear genera debate ético por su forma de obtención, los riesgos que implica y el posible uso bélico que se le pueda dar, no obstante, son indiscutibles para el mundo científico e incluso para los que se inician en la materia los grandes beneficios que otorga al ser humano. A continuación, revisaremos algunas de las aplicaciones más importantes en la vida moderna de los radionúclidos en diversos campos.

### a. Medicina

Quizás el uso de las técnicas nucleares en los campos del diagnóstico, en la obtención de imágenes y en el tratamiento del cáncer sea el más conocido; de hecho, la medicina moderna no podría concebirse sin la radiología con fines de diagnóstico y sin la radioterapia. Prueba de ello es el importante aumento del uso de técnicas como los procedimientos radiológicos de diagnóstico y terapéutico en pacientes de todas las edades.

Con el debido control, se utilizan en medicina multitud de radioisótopos. Es lo que se conoce como **medicina nuclear**, y al procedimiento terapéutico se le denomina **radioterapia**.

La utilización de radioisótopos facilita los siguientes procesos:

- Detección de funciones anormales.
- Determinación de pasos metabólicos.
- Visualización de órganos.
- Localización de tumores.
- Terapia oncológica (cáncer).



Tomografía por emisión de positrones (PET), que muestra imágenes de cómo trabaja el cerebro y sus tejidos.

La radioterapia, por ejemplo, es una técnica muy utilizada en el tratamiento del cáncer y afecciones sanguíneas como la leucemia. Como la mayoría de las células cancerígenas “crecen” y se multiplican con rapidez, suelen ser más sensibles a las radiaciones que las células normales. El resultado de la aplicación en zonas focalizadas de emisiones radiactivas corresponde a la muerte de las células que se ubican en esa zona.

### SABÍAS QUE

Las radiografías son imágenes del cuerpo humano realizadas mediante el uso de rayos X (radiaciones que emiten los aparatos de radiología). Las imágenes que reproducen, son negativos fotográficos de la zona explorada, que el médico los estudia con una luz trasera o negatoscopio. Considerando que son radiaciones, y que su exposición permanente es peligrosa para la salud, los profesionales que trabajan con rayos X están sometidos a los riesgos de las radiaciones de forma constante, por este motivo se protegen detrás de cristales plomados para hacer el procedimiento.



Evidentemente, matan en mayor proporción células defectuosas o malignas que aquellas saludables o en buen estado general. La aplicación lenta pero constante de este sistema permite a las células sanas reproducirse y “repoblar” la zona dañada, por ejemplo, por la presencia de un tumor, el que finalmente disminuye su tamaño considerablemente o es eliminado.

¡Y no solo eso!, además de la radioterapia, los productos de la energía nuclear son empleados en campos como: elaboración de radiovacunas para combatir enfermedades parasitarias del ganado y diagnóstico de enfermedades con la aplicación de radiofármacos, que los pacientes consumen antes de un escáner, por ejemplo.

A continuación se presenta una tabla, con algunos radioisótopos que se emplean en medicina:

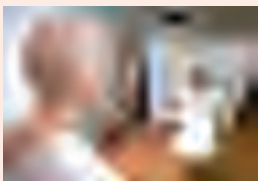
Tabla 28

Radioisótopos empleados en procedimientos para diagnóstico médico

Radioisótopos	Usos
Cr	Determinación del volumen sanguíneo
Co	Medición de la incorporación de vitamina B <sub>12</sub>
Co	Terapia de cáncer por radiación
F	Cerebro, sitios con actividad metabólica
Ga	Exploración de diversos tumores y abscesos
Ir	Terapia del cáncer de mama
Fe	Detección de anemia
P	Detección de cáncer de la piel o tumores oculares
Se	Exploraciones del páncreas
Tc	Obtención de imágenes de cerebro, hígado, médula ósea, riñón y corazón
Tl	Detección de problemas cardíacos
I	Tiroides
Xe	Obtención de imágenes de pulmón
<sup>198</sup> Au	Cáncer de próstata

### SABÍAS QUE

La radioterapia al ser una forma de tratamiento basado en las radiaciones ionizantes, para destruir células cancerosas, tiene efectos secundarios dependiendo de la parte del cuerpo que recibe la radiación y la frecuencia con que se realice la terapia. Estos efectos pueden ser, caída del cabello, náuseas, fatiga, enrojecimiento y ardor de la piel, debilitamiento del sistema inmunológico, entre otros.



### b. Agricultura

Resulta complejo imaginar que la radiactividad pueda ser útil en un campo tan delicado, pero los científicos han desarrollado técnicas isotópicas que permiten investigar y entregar soluciones en áreas tales como fertilidad de suelos, fuente fertilizante, empleo óptimo de los nutrientes, racionalización del uso de los mismos y economía en la utilización del agua aplicando las técnicas directamente en predios de agricultores.



Al respecto, la CCHEN (Comisión Chilena de Energía Nuclear) declara que el uso de técnicas isotópicas podría “reducir las dosis de aplicación de fertilizantes, recuperar suelos degradados, cuantificar erosión de los suelos, aplicar uso óptimo de agua y fertilizantes a frutales y utilizar adecuadamente plaguicidas”.

Por ejemplo, los científicos usan la radiación gamma del Co-60 u otras fuentes en la investigación agrícola, para desarrollar granos resistentes a las enfermedades o altamente productivos. Las semillas se exponen a la radiación gamma para inducir mutaciones. Las plantas más saludables y vigorosas que crecen de semillas irradiadas se seleccionan y se propagan para obtener variedades nuevas y mejoradas para uso comercial.

Se aplica también en el control de plagas, pues se sabe que algunos insectos pueden ser muy perjudiciales tanto para la calidad y productividad de cierto tipo de cosechas, como para la salud humana. En muchas regiones del planeta aún se les combate con la ayuda de gran variedad de productos químicos, muchos de ellos cuestionados o prohibidos por los efectos nocivos que producen en el organismo humano.

Sin embargo, con la tecnología nuclear es posible aplicar la llamada “Técnica de los Insectos Estériles (TIE)”, que consiste en suministrar altas emisiones de radiación ionizante a un cierto grupo de insectos machos, mantenidos en laboratorio. Luego los machos estériles se dejan en libertad para facilitar su apareamiento con los insectos hembra. No se produce, por ende, la necesaria descendencia. De este modo, luego de sucesivas y rigurosas repeticiones del proceso, es posible controlar y disminuir su población en una determinada región geográfica. En Chile, se ha aplicado con éxito la técnica TIE para el control de la mosca de la fruta, lo que ha permitido la expansión de las exportaciones agrícolas.



Mosca de la fruta

### c. Alimentos

La preservación de alimentos mediante radiación es otra aplicación benéfica. El alimento se expone a radiación gamma o a un haz de partículas beta suministradas respectivamente por Co-60 o Cs-137. Se destruyen los microorganismos que pudieran causar deterioro del alimento, pero sólo se eleva ligeramente la temperatura de éste. El alimento no se vuelve radiactivo como resultado de este proceso, pero aumenta notablemente su duración en almacén.

Por ejemplo se aplican radiaciones ionizantes a papas y cebollas, para retrasar el crecimiento de los brotes.





La irradiación de alimentos es un método físico de conservación.

A continuación se presenta una tabla elaborada por la **Organización de Estados Iberoamericanos, para la educación, la ciencia y la cultura (OEI)**, en la que se muestran ejemplos de aplicaciones radiactivas en diferentes países:

**Tabla 29**  
**Ejemplo de las utilizaciones de alimentos irradiados , aprobados en el mundo**

Ejemplos de las utilizaciones de alimentos y artículos irradiados aprobadas en el mundo	
País	Producto
Argentina	Espicias, espinacas, polvo de cacao.
Bangladesh	Papas, cebolla, pescado desecado, legumbres, mariscos congelados, ancas de rana.
Bélgica	Espicias, verduras deshidratadas, alimentos congelados, incluidos mariscos.
Brasil	Espicias, verduras deshidratadas.
Canadá	Espicias, papas, cebolla.
Chile	Espicias, verduras deshidratadas, cebollas, papas, pollos.
China	Papas, ajos, manzanas, especias, cebollas, salchicha china, vino chino.
Cuba	Papas, cebollas, granos de cacao.
Dinamarca	Espicias.
Finlandia	Espicias.
Francia	Espicias, aliños vegetales, pollos (pollo deshuesado congelado).
Hungría	Espicias, cebollas, corchos para vino.
India	Espicias, cebollas, papas.
Indonesia	Espicias, tubérculos y raíces.
Israel	Espicias, cebollas, papas, granos.
Japón	Papas.
República de Corea	Polvo de ajo, papas, cebollas.
Países Bajos	Espicias, productos congelados, pollos, verduras deshidratadas, arroz, polvo de huevo, materiales de embalaje.
Noruega	Espicias.
Pakistán	Papas, cebollas, ajos, especias.
Sudáfrica	Papas, cebollas, frutas, especias, carne, pescado, pollos, productos procesados, verduras.
España	Papas, cebollas.
Siria	Papas, cebollas, pollos, frutas, especias.
Tailandia	Cebollas, salchichas de cerdo fermentado, papas.
Unión Soviética	Papas, cebollas, cereales, frutas y verduras frescas y desecadas, carne y productos cárnicos, aves, granos.
Estados Unidos	Espicias, aves, frutas.
Yugoslavia	Espicias, cereales, carne, aves.



### d. Industria

Las aplicaciones de los radioisótopos en la industria, es muy amplia. A continuación se presenta algunas de las aplicaciones de radioisótopos en la industria:

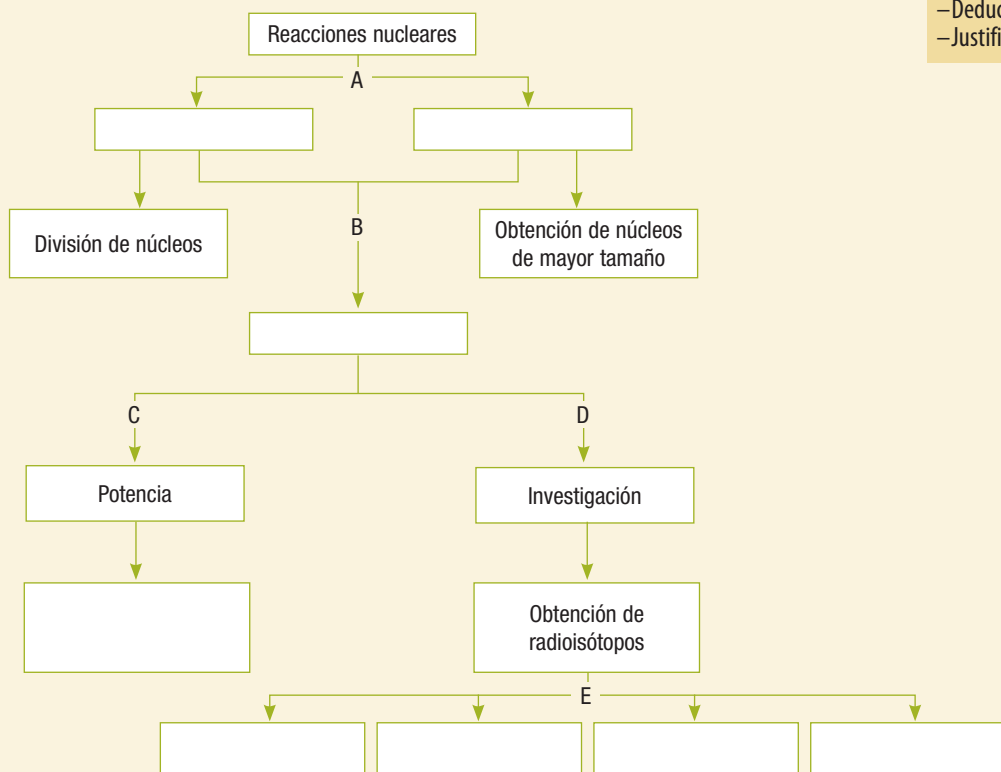
- Generación de energía para marcapasos cardiacos, utilizando la energía producida por el decaimiento del Pu-238. Su tiempo de uso, es alrededor de 10 años.
- Proporcionar energía a vehículos espaciales, empleando principalmente el isótopo Pu
- Fabricación de cintas y láminas metálicas de gran espesor.
- Protección de obras de arte, por destrucción de larvas, insectos u hongos.
- Construcción de detectores de humo empleando el isótopo Am, que al desintegrarse, emite partículas  $\alpha$  que ionizan el aire. Cuando entra el humo al detector se une a las partículas y activa la alarma.
- Utilización de isótopos en indicadores de niveles, que detectan fugas en oleoductos o canalizaciones subterráneas.

### SABÍAS QUE

El isótopo Cf que es un emisor de neutrones, que es utilizado mediante la técnica de análisis de activación de neutrones, para analizar el equipaje aéreo en busca de explosivos, o para medir el contenido de humedad del suelo.



1 Completa el siguiente organizador, empleando los conceptos: reactor nuclear – medicina – fusión – alimentos – generación de energía – fisión – agricultura – industria, según corresponda. También incluye los conectores necesarios de la A, a la E.



### DESAFÍO

Habilidades por desarrollar:

- Identificar
- Relacionar
- Comprender
- Deducir
- Justificar





- 2** Lee atentamente las siguientes afirmaciones e indica si son verdaderas (V) o falsas (F), considerando lo expuesto en el texto respecto a las ventajas y desventajas del empleo de energía nuclear y sus aplicaciones.
- \_\_\_ La energía nuclear no emite gases invernadero, a diferencia por ejemplo de las termoeléctricas.
  - \_\_\_ Los residuos radiactivos son más complejos de manejar, que los producidos por las centrales que emplean combustibles fósiles o carbón.
  - \_\_\_ Las centrales nucleares no emiten ningún tipo de radiación al medio ambiente.
  - \_\_\_ Los radioisótopos son empleados en la medicina para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades.
  - \_\_\_ Los radioisótopos se emplean en el control de plagas, acción muy útil para la agricultura.
  - \_\_\_ Los alimentos que ya han cumplido su fecha de vencimiento, son sometidos a radiación para aumentar nuevamente su "vida útil" por un nuevo periodo.

**3** Completa la siguiente tabla, marcando la opción que mejor te represente para evaluar la actividad realizada.

Opciones	Significado
+	He logrado el aspecto propuesto.
+/-	He logrado el aspecto propuesto, pero aún observo deficiencias.
-	Aún no he logrado el aspecto propuesto y debo seguir trabajando en él.

Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	+	+/-	-
¿Identifico las diferentes aplicaciones de los radioisótopos?			
¿Conozco las aplicaciones de los radioisótopos en áreas como la medicina, la agricultura, los alimentos y la industria?			
¿Identifico las ventajas y desventajas del uso de la energía nuclear?			
¿Puedo debatir, planteando mis puntos de vista claros y con fundamentos, acerca del uso, o no uso de la energía nuclear?			
¿Relaciono los contenidos estudiados con las situaciones que ocurren en mi entorno?			



En el sitio

[http://caebis.cnea.gov.ar/IdEN/CONOC\\_LA\\_ENERGIA\\_NUCX/CAPITULO\\_5\\_Difusion/LA\\_TECNOLOGIA\\_NUCLEAR/Aplic\\_tecnol\\_de\\_rad\\_y\\_rad.htm](http://caebis.cnea.gov.ar/IdEN/CONOC_LA_ENERGIA_NUCX/CAPITULO_5_Difusion/LA_TECNOLOGIA_NUCLEAR/Aplic_tecnol_de_rad_y_rad.htm) podrás profundizar tus conocimientos sobre las aplicaciones de los radioisótopos y las radiaciones, en diferentes áreas.



### 3. Armas nucleares

Lee atentamente el siguiente texto y comparte en grupos de tres estudiantes las preguntas que se formulan al final del texto:

#### “Proyecto Manhattan: La construcción del arma más poderosa”

Hacia 1939, la comunidad científica acumulaba una gran cantidad de conocimiento sobre la radiactividad, sin embargo, lo aislado del conocimiento, el desconocimiento de sus efectos y de los beneficios que estos podrían aportar a la humanidad, reúne a un grupo de científicos. El 2 de agosto de 1939, el Presidente Roosevelt recibe una carta, que lo insta a apoyar al grupo de científicos que investigan la utilización de la energía atómica en el “Proyecto Manhattan”, cuyo objetivo era determinar científicamente el “poder” de esta nueva energía así como los posibles campos de aplicación. Ese mismo año se autorizan los recursos para el desarrollo del Proyecto Manhattan, que tenía como meta fabricar un reactor atómico.

En 1942, Enrico Fermi logró construir un reactor atómico experimental, llamado Chicago Pile 1, con lo que EE.UU. daba un importantísimo paso en la carrera nuclear.

En 1943, se les ordenó a los científicos trabajar a tiempo completo en la fabricación de bombas atómicas en las instalaciones del laboratorio “Los Álamos” ubicado en Nuevo México, que en dos años de trabajo estaba cerca de alcanzar su meta.

El 16 de julio de 1945, Trinity, la primera bomba de prueba, fue activada exitosamente en el desierto de Los Álamos, utilizando para ellos aviones bombarderos.

El 6 de agosto de 1945, la ciudad japonesa de Hiroshima, situada en la isla principal del Japón, sufrió la devastación, hasta entonces desconocida, de un ataque nuclear. A las 8:15, el bombardero, “Enola Gay”, lanzó sobre Hiroshima a “Little boy”, nombre clave de la bomba.

Tres días después, el 9 de agosto, el bombardero “Bock’s Car”, lanzó sobre la ciudad de Nagasaki a “Fat boy”, la segunda bomba, con la capacidad de liberar el doble de energía que la bomba de uranio.

Hiroshima, con una población de 350 mil habitantes, perdió instantáneamente a 70 mil y en los siguientes cinco años murieron 70 mil más a causa de la radiación. En Nagasaki, donde había 270 mil habitantes, murieron más de 70 mil antes de que terminara el año y miles más durante los siguientes años. Se calcula que en total murieron cerca de 250 mil personas. Quienes lograron escapar milagrosamente de las quemaduras de la onda expansiva murieron a los veinte o treinta días como consecuencia de los mortales rayos gamma.

Cada bomba tenía características específicas. Entre las más importantes estaban las kilotoneladas o kilotones (kT), es decir, una unidad de masa, que equivale a mil toneladas, que designa el potencial destructivo de un arma, sobre todo armas nucleares, expresando la equivalencia de la



energía explosiva en toneladas de TNT (dinamita). Así, las bombas nucleares con energías del orden de los kilotones ( $1 \text{ kt} = 4,184 \cdot 10^{12} \text{ J}$ ) se llaman bombas nucleares tácticas. Las bombas nucleares con energías del orden de los megatones ( $1 \text{ Mt} = 4,2 \cdot 10^{12} \text{ J}$ ) reciben el nombre de bombas nucleares estratégicas, como las de Hiroshima y Nagasaki.



Nube de hongo u hongo nuclear, que se forma debido a la gran explosión de una bomba.



Efectos destructivos de la explosión de una bomba nuclear.

Más simple aún, una tonelada de dinamita tiene un poder destructivo de 500 a 1.000 metros cuadrados de destrucción total y de 10 a 30 kilómetros más de onda expansiva; un kilotón es mil veces mayor. Las bombas empleadas en Japón poseían 12,5 y 50 kilotones, respectivamente.

- ¿Qué sabes de los eventos ocurridos en Hiroshima y Nagasaki?
- Según lo leído, ¿Qué es una bomba nuclear?
- ¿Consideras que estas bombas son poderosas? Fundamenta tu respuesta.

### MÁS QUE QUÍMICA

La masa crítica, corresponde a la masa mínima de material fisionable, que se requiere para generar una reacción nuclear en cadena.

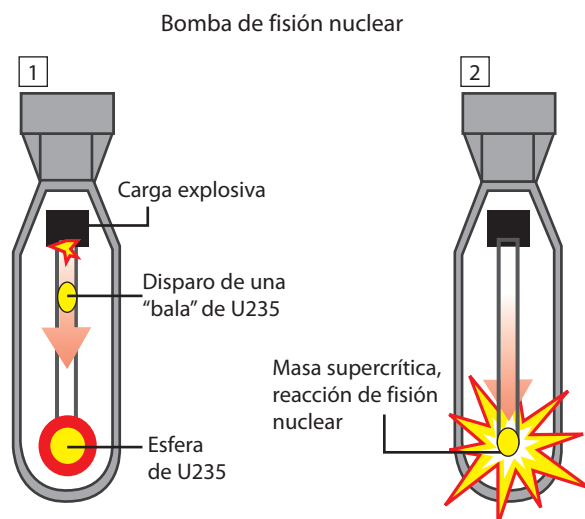
Independiente del tipo de material, los científicos lograron determinar que cuando en un espacio se reúne la suficiente cantidad de materia (denominada **masa crítica**) se produce una reacción espontánea en cadena esto es, el núcleo de los átomos del material se divide, liberando energía y varios neutrones “rápidos” que provocan que otros núcleos también se dividan y liberen más energía y neutrones. Sin embargo, si la densidad no es suficiente, la energía liberada hace que el material se expanda y se detenga el proceso. Para evitar que se pare la reacción se recurre a una materia muy densa de por sí (isótopos del uranio y plutonio), que además se comprime de manera muy rápida para lograr una altísima densidad, lo que permite que los neutrones “rápidos” choquen antes con otros núcleos y se produzca el mayor número de divisiones.

Como la cantidad de divisiones aumenta exponencialmente (por ejemplo: 2, 4, 16, 256...), es casi al final del proceso cuando se libera más energía. Para una explosión de 100 kilotones son necesarias 58 generaciones. Las 7 últimas generan el 99,9 % de la energía en un período cortísimo de tiempo.

Sea cual sea el sistema de funcionamiento de una bomba nuclear (fusión o fisión), una cantidad de masa se convierte en energía. La potencia sólo depende de la capacidad de la ingeniería para convertir más masa antes de que la reacción disperse las moléculas; en teoría, la potencia es, por tanto, ilimitada.



Una **bomba nuclear** consiste básicamente en una esfera hueca de material inestable que no es lo suficientemente densa como para producir una reacción en cadena. En su interior se encuentra un mecanismo iniciador de neutrones, y el exterior se encuentra revestido de un material explosivo.



Para iniciar la explosión se disparan los detonadores, que hacen que el material explosivo estalle de la manera lo más regular posible para que envíe una onda de choque esférica hacia el radioisótopo. Cuando esta impacta contra él, lo comprime y reduce su volumen, empujándolo hacia el centro de la esfera hasta que alcanza una densidad suficiente (supercrítica) y se dispara el iniciador de neutrones para comenzar la reacción en cadena que da lugar a la explosión nuclear.

En la actualidad se identifican principalmente tres tipos de armas nucleares.

### a. Bombas A

Están basadas en la fisión nuclear, siendo sus combustibles el uranio (U), plutonio (Pu) o polonio (Po) y mezclas de ellos. Actualmente, la mayoría de este tipo de bombas, están instaladas en misiles.

### b. Bombas H

Bombas en las que se produce fusión nuclear, teniendo como combustibles el hidrógeno (H) y el helio (He).

Para que la explosión de la bomba H se produzca, es necesario someterla a temperaturas de varios millones de grados Celsius, lo que se consigue haciendo explotar previamente una bomba A, que al generar las altas temperaturas hace posible la fusión del hidrógeno (H) o del helio (He).



### c. Bombas de neutrones

Corresponde a una modificación de la bomba H. Tiene un mecanismo de fusión que reduce todo lo posible la onda expansiva o el pulso térmico, pero libera gran cantidad de neutrones que bombardean los alrededores. Los neutrones diseminados inducen radiactividad en los materiales, durante un corto período de tiempo, pero las emisiones radiactivas producen daños irreparables en las personas, sin destruir el entorno.

Una de las aplicaciones científicas más infortunadas de la historia de la humanidad ha sido el uso de la fisión nuclear con fines militares, específicamente para la fabricación de armas de exterminio masivo, como son las armas nucleares.

Aunque no se conoce con exactitud la potencia nuclear de todos los países, se piensa que en Estados Unidos y en la ex URSS (Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas) se concentra el 97% aproximadamente, alcanzando los 15 000 megatones (Mt).

- *¿Cuál es la finalidad?, ¿será capaz el hombre de volver a lanzar bombas nucleares y repetir la historia ocurrida en 1945 en Japón?*
- *¿Nuestro país debería preocuparse del desarrollo de este tipo de armamentos?*

Cómo hemos podido conocer, las aplicaciones nucleares pacíficas y las con fines bélicos ponen en el debate constante su producción y manejo, como si se tratara de una carrera por completar una balanza, en cuyos platos están los beneficios por un lado y los riesgos por otro.

Habrás podido determinar y establecer los grandes aportes que genera el manejo de recursos nucleares. Por ejemplo, antes de los radioisótopos y de los radiofármacos, el cáncer era una enfermedad mortal. Hoy el índice de supervivencia es altísimo gracias a la radioterapia.

No obstante, el origen de su real poder es bastante controversial. El Proyecto Manhattan, además de sentar las bases del real poder de las emisiones radiactivas, dejó, en lo que podría definirse como el “hito” de su diseño experimental, millones de muertos y millones de personas con secuelas para toda su vida y para la de sus generaciones posteriores.

Asimismo, la producción y funcionamiento de reactores nucleares ha dejado en la historia importantes lecciones para el mundo científico y la humanidad.



En el sitio

[http://www.iesmariazambrano.org/Departamentos/flash-educativos/bomba\\_atmica.swf](http://www.iesmariazambrano.org/Departamentos/flash-educativos/bomba_atmica.swf) podrás observar a través de una animación, como está formada una bomba nuclear y el tipo de reacción que produce.





## d. Manejo de los residuos nucleares

Gran parte de los problemas “no resueltos” en el uso de la energía nuclear y que tienen una incidencia directa sobre el medio ambiente y los seres vivos es el manejo de los desechos.

La industria nuclear considera residuo radiactivo a cualquier material que contenga radionúclidos en concentraciones superiores a las establecidas por las autoridades competentes y para el cual no está previsto ningún uso.

Los residuos radiactivos se pueden clasificar de muy diversas maneras en función de sus características, como su estado físico (gases, líquidos o sólidos), el tipo de radiación que emiten (alfa, beta o gamma), el periodo de semidesintegración (vida corta, media o larga) y su actividad específica (baja, media, alta). Es normal verlos clasificados en residuos de baja, media y alta actividad, y aunque en algunos países se gestiona cada tipo por separado, en países como España, por ejemplo, se hacen sólo dos categorías: los de baja y media actividad por un lado y los de alta por otro.

Los residuos de media y baja actividad proceden principalmente de la minería, del ciclo del combustible y de la irradiación de sustancias en instalaciones nucleares y radiactivas. Son menos peligrosos que los residuos de alta actividad, pero mucho más voluminosos. Algunos de ellos se generan en instalaciones de utilidad médica, como en instalaciones rayos X, de radioterapia, entre otras.

La vida media de los residuos varía mucho de unos a otros: va de unas decenas de años hasta cientos de miles de años. Residuos de media actividad y larga vida son los materiales en contacto con el combustible de los reactores.

Los residuos de alta actividad constituyen aproximadamente el 1% del total, pero contienen el 95% de la radiactividad generada. Son el combustible gastado de las centrales nucleares y las cabezas nucleares procedentes de las bombas y misiles atómicos. Emiten radiaciones durante miles y millones de años y tienen una toxicidad muy elevada. En casi todo el mundo son generados principalmente en las centrales nucleares, ya que el combustible de uranio (U), empleado en estas, se convierte tras su utilización, en residuo radiactivo de alta actividad.

### SABÍAS QUE

Uno de los residuos de alta actividad es el plutonio-239, isótopo radiactivo artificial. De altísima toxicidad, solo un gramo de este elemento es capaz de causar cáncer a un millón de personas.

Emite radiactividad durante un tiempo cercano a los 250.000 años, lo que supone 25 veces más tiempo que la Historia conocida de la Humanidad.



Esfera de plutonio-238



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Investigar
- Analizar
- Concluir

**1** Investiguen respecto a los siguientes accidentes e incidentes nucleares: Chernobyl (Ucrania), Kishim (Rusia), Three Miles Island (EE.UU.), Tokaimura (Japón), Palomares (España) y Fukushima (Japón)

- a. Causas
- b. Emisiones y efectos
- c. Consecuencias

Según su investigación, ¿cómo se categorizan los accidentes e incidentes de acuerdo con la siguiente tabla?

Nivel	Descripción	Ejemplo
Accidente	7	Escape de gran cantidad de materia radiactiva.
	6	Emisión al exterior de materiales radiactivos.
	5	Radiación con riesgo fuera de la instalación.
	4	Emisiones de radiación al exterior sin riesgo fuera del lugar.
Incidente	3	Salida radiactiva al exterior por encima de los límites autorizados.
	2	Presencia de cantidades significativas de radiactividad.
	1	Anomalía en el funcionamiento de la planta.

**2** Investiga que es el “Organismo Internacional de Energía atómica” (OIEA), y cuál es su principal misión.

**3** Investiga, ¿cómo se guardan, almacenan o desechan los residuos producidos de la fisión artificial?



Investigar sobre las aplicaciones actuales de la química, es muy importante para el desarrollo de tu aprendizaje, como para comprender los sucesos que ocurren en tu entorno.

Reflexiona y responde las siguientes preguntas, ¿conozco más sobre las armas nucleares y los daños que han causado en diferentes lugares de nuestro planeta?, ¿sé cómo se desechan los residuos nucleares, con el fin de evitar daños en los seres humanos y el entorno?



## 4. Efecto en los seres vivos

Lee atentamente el siguiente texto:

“Diaria y constantemente estamos expuestos a distintos tipos de radiación, ya sea electromagnética o de partículas. Un gran porcentaje de la radiación proviene de fuentes naturales, por ejemplo, de los rayos cósmicos, la radiación infrarroja, visible y ultravioleta proveniente del sol y de los radioisótopos naturales, especialmente del gas radón (Rn). El porcentaje restante proviene de fuentes artificiales, como por ejemplo de las estaciones radiales y de televisión (ondas de radio), de los hornos microondas (microondas), de las radiografías (rayos X) entre otras. El bombardeo constante de radiación tanto de fuentes naturales como artificiales al que estamos expuestos se denomina **radiación de fondo**”.



Considerando lo que has aprendido respecto a las emisiones radiactivas y la información que te proporciona el texto:

- ¿Podemos tener daños por la exposición a las radiaciones que informa el texto?
- ¿Conoces algún daño provocado por dichas emisiones?
- ¿Por qué y en qué condiciones se producirían daños?
- ¿Por qué crees, que se solicita a las mujeres embarazadas informar su estado antes de tomarse una radiografía?

### Procedimiento:

- Presiona cualquier botón del control y observa en la parte frontal del control, si se ve la luz que emite.
- Realiza el mismo procedimiento del punto anterior, pero ahora graba con la cámara de tu celular y observa si se ve la luz.
- Inténtalo nuevamente, pero ahora pon sobre la luz del control remoto un trozo de tela. Observa lo que ocurre.

### Responde:

- 1 ¿Qué observas en el experimento?
- 2 ¿Qué ocurre al colocar la tela sobre el control remoto?, ¿Qué se observa?
- 3 Investiga, ¿qué tipo de rayos es el que emiten un control remoto?

### ¡HAZLO EN TU CASA!

#### Habilidades a desarrollar:

- Observar
- Analizar
- Investigar

#### Materiales

- Un control remoto
- Un teléfono celular con cámara
- Un trozo de tela



## MÁS QUE QUÍMICA



**Dorothy Crowfoot  
Hodgkin**  
(1910 – 1994)

Química británica. Estudió en Oxford, especializándose en cristalografía de moléculas por medio de rayos X. Luego se trasladó a Cambridge, y posteriormente regresó a Oxford. En 1947 fue elegida miembro de la Royal Society de Londres. Entre otros estudios se dedicó al del colesterol y obtuvo análisis detallados, por medio de rayos X. Determinó la estructura del antibiótico penicilina y de la vitamina B12 en (1956). En 1969 descubrió la estructura cristalina de la insulina, medicamento fundamental en el tratamiento de la diabetes mellitus. En 1964 fue galardonada con el premio Nobel de Química por sus estudios sobre la difracción de rayos X. En 1932, escribió sobre los esteroides, vitaminas y antibióticos.

Los seres vivos, y en particular el cuerpo humano, aparentemente no están en peligro cuando reciben radiación de baja intensidad. Es más, la vida es posible en esas condiciones. Pero ¿qué sucede cuando la radiación es más intensa?

Cuando la exposición a la radiación UV es mayor, lo cierto es que puede ocasionar daños somáticos o genéticos.

El daño **somático** altera el funcionamiento celular de un tejido y puede ocasionar una enfermedad; por ejemplo, el cáncer de piel. Cuando la exposición a la luz solar supera los índices que el cuerpo puede resistir, puede provocar la muerte.

El daño **genético**, en cambio, altera la secuencia de la cadena de ADN, produciendo malformación a nivel del tejido lo que en caso de reproducción del organismo afectado, puede transmitirse a futuras generaciones.

Los efectos biológicos causados por la exposición a la radiación dependen de varios factores; entre ellos:

- **Poder penetrante de la radiación:** La piel es, desde un punto de vista biológico, una de las primeras barreras naturales de defensa y por ende, también nos protege de la radiación. No obstante, cuando la actividad sobrepasa el límite se producen quemaduras graves por la exposición.

La radiación alfa ( $\alpha$ ), tiene un bajo poder penetrante y puede ser detenida por la piel, pero provoca daños en la primera capa celular si es sostenida en el tiempo. En cambio, la radiación beta ( $\beta$ ), de mayor poder penetrante, puede introducirse de 5 a 10 mm, con el consiguiente daño orgánico y/o destrucción celular. Por último, la radiación gamma ( $\gamma$ ), de alto poder penetrante, llegará fácilmente hasta los huesos y si es de alta intensidad, nos atraviesa, sin mayores problemas.

- **Energía y exposición de la radiación:** Mientras mayor sea el tiempo de exposición y más energético el tipo de radiación, mayores serán los efectos en los diferentes tipos de tejidos. Por ejemplo, caminar al sol durante un período de alta penetración de rayos UV en la atmósfera no causará los mismos daños en la piel, que en aquella persona que permanece inmóvil “tomando sol” en un lugar libre de sombra.
- **Propiedades químicas de la fuente radiactiva:** La acción de la radiación dependerá de las propiedades químicas que presente y del tipo de radiación que produzca durante su actividad. Por ejemplo, el Kr-85 es químicamente inerte y al ser ingerido (por ejemplo como contraste para un examen médico), circula rápidamente por el organismo y es eliminado sin causar daño. En cambio, el Sr-90 sustituye lenta y constantemente el calcio, incorporándose en los huesos y provocando daños irreparables, como el cáncer óseo. Otro ejemplo es el Cs-137, que sustituye al potasio en el cuerpo.

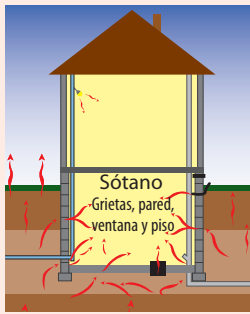






**SABÍAS QUE**

El radón-222 (Rn-222) es un isótopo radiactivo producto de la desintegración natural del uranio-238. Como es gaseoso y químicamente inerte, el radón se filtra a través de las grietas en el cemento y la construcción desde los cimientos hasta el interior de las casas. Allí su concentración aumenta especialmente si la casa está cerrada por largos períodos. La inhalación del radón-222 puede causar problemas de salud porque los productos de su desintegración, entre los que están el Po-218 y Po-214, son intensamente radiactivos y son absorbidos fácilmente por el tejido pulmonar.



En los tejidos, los iones y otros radicales libres atacan las membranas celulares y una gran variedad de compuestos orgánicos, como enzimas y moléculas de ADN. Los compuestos orgánicos, por supuesto, pueden ser ionizados directamente y destruidos por la radiación de alta energía.

La gravedad del daño producido por radiación, depende fundamentalmente de dos factores:

- La cantidad de radiación absorbida, y el
- Tipo de radiación

La cantidad de radiación absorbida se expresa normalmente en rad (dosis de radiación absorbida), que es la cantidad de radiación que lleva a la absorción de  $1 \cdot 10^{-2}$  J por kilogramo de material irradiado.

El equivalente del rad en SI, es el gray (Gy), donde 1 Gy es la absorción de 1 J por kilogramo de tejido.

Los daños biológicos de la radiación se cuantifican por la unidad llamada *rems* (radiación equivalente para el hombre), considerando que el *rems*, se calcula multiplicando el número de *rads* por un factor de "peligro", representado por *n*:

$$\text{Número de rems} = (\text{número de rads}) \cdot (\text{RBE})$$

Donde RBE (efectividad biológica relativa), es aproximadamente 1 para la radiación beta y gamma, y aproximadamente 10 para la radiación alfa.

En la siguiente tabla, se presentan algunos de los efectos que una persona puede padecer cuando es expuesta a radiación a varios niveles.

**Tabla 31**  
Efectos de una dosis única de radiación

Dosis (Sv)	Efectos
0,0 a 25	Ningún efecto observable.
26 a 50	Pequeña disminución del número de glóbulos blancos.
51 a 100	Lesiones, gran descenso del número de glóbulos blancos.
101 a 200	Náuseas, vómitos, pérdida de pelo.
201 a 500	Hemorragias, úlceras, posible muerte.
500 +	Mortal.

Ahora bien, estas dosis de radiación (rem) provienen de diversas fuentes y estarán presentes en nuestra vida cotidiana por el mundo en el que vivimos (naturaleza) y el que hemos construido. Observa atentamente la siguiente tabla:



**Tabla 32**  
Radiación a la que está expuesto un individuo, procedente de diferentes fuentes.

Fuente	Dosis en un adulto (rems/año)
Rayos cósmicos.	20 a 50
Radiografías de rayos X.	50 a 75
Radiación desde la Tierra (desintegración natural de radioisótopos minerales).	25 a 170
Radiación del agua y los alimentos.	40 aprox.
Radiación del aire, especialmente el radón.	20 aprox.
Fuentes luminosas y televisores.	2 aprox.
Desechos industriales radiactivos.	4 aprox.
PROMEDIO ANUAL	100 a 200



En el sitio

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/08/htm/sec\\_12.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/08/htm/sec_12.html) podrás obtener más información sobre los efectos de la radiactividad en los seres vivos.

Para finalizar, podemos decir que a nivel medioambiental, las consecuencias de los desastres nucleares, así como el empleo de las bombas atómicas, es grave. Los isótopos radiactivos, cuyas vidas medias son a veces de millones de años, entran en los ciclos biogeoquímicos y son acumulados por los organismos mediante procesos metabólicos selectivos. Las pequeñas dosis de radiación repetidas durante largos períodos pueden tener consecuencias muy graves. Por ejemplo, muchos de los primeros trabajadores en el campo de la radiactividad, como Marie Curie, desarrollaron cánceres de esta manera. Se conocen casos en los que el cáncer se desarrolló 40 años después de la primera exposición.

La radiación puede tener también efectos genéticos; es decir, puede producir mutaciones en plantas y animales, provocando cambios en los genes.



## DESAFÍO

### Habilidades a desarrollar:

- Aplicar
- Inferir
- Investigar
- Evaluar
- Reconocer

- 1** Responde las siguientes preguntas:
  - a. Si los seres vivos estamos siempre expuestos a radiación artificial y natural, ¿cuándo comienzan a ser negativos sus efectos?
  - b. ¿Cuándo la exposición a radiación provoca daño somático y cuándo genético?
  - c. ¿Cuáles son los factores de los cuales depende el efecto biológico de la exposición a la radiación?
  - d. Considerando el poder de penetración de los distintos tipos de radiación, ¿cuál de ellas resulta más peligrosa para la salud?
  - e. Si la exposición a los rayos UV es un claro ejemplo de exposición a radiación, ¿qué medidas de protección se deben tomar?
  - f. ¿Por qué la gravedad del daño causado por la radiación depende fundamentalmente de la cantidad absorbida y del tipo de radiación?
  - g. ¿Por qué es tan importante el efecto de la radiación sobre el agua?
- 2** Investiguen:
  - a. ¿Por qué se afirma que la radiación provoca daños en el material genético?
  - b. ¿Cuál es el efecto sobre las células?
- 3** Formen grupos de tres personas, y apoyándose en los contenidos estudiados e información investigada, confeccionen un díptico informativo que recoja la esencia de su investigación y discusión, acerca de las siguientes preguntas:
  - a. Evalúen los riesgos y beneficios de la energía nuclear. ¿Cuál es su opción... sí o no a la energía nuclear?
  - b. Reconocen los riesgos de emisiones radiactivas para el ser humano? Mencionen a lo menos tres ejemplos.
  - c. ¿Conocen métodos de protección efectivos? Indiquen a los menos dos ejemplos.



La retroalimentación es un paso fundamental en todo proceso de evaluación, es decir, comentar los aciertos y errores que se han cometido a fin de fortalecer, mejorar y superar el trabajo individual y en equipo.

Elaboren preguntas que permitan evaluar el nivel de aprendizaje. Desarrollen la retroalimentación del proceso evaluativo. Asuman con honestidad y humildad la tarea. Deben recordar que todo lo que digan tiene un solo fin, ¡aprender!

### Y para terminar...

Ahora que has terminado de estudiar la unidad de "Energía Nuclear y sus aplicaciones", te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha sido lo más significativo que has aprendido de la unidad?
- Con los conocimientos adquiridos, ¿qué nuevas respuestas puedes dar, a las preguntas planteadas al inicio de la unidad?, ¿las recuerdas? Coméntalas nuevamente con tu profesor y compañeros.



# ¡Alimentos irradiados!



**H**oy en día, para evitar la contaminación de los alimentos por microorganismos y con ello la propagación de enfermedades después de su consumo, se utilizan métodos de esterilización por irradiación ionizante.

En algunos países, más del 10% de los vegetales y las especies se irradian para controlar los hongos, bombardeándolos con una dosis de rayos X equivalentes a 60 millones de radiografías de tórax. La irradiación de alimentos se ha utilizado en una u otra forma por más de 40 años.

Hay alimentos que se exponen a niveles altos de radiación, para matar los insectos y las bacterias nocivas, luego se empaquetan en recipientes herméticos, para después ser almacenados por meses sin que se descompongan.

Las fuentes de radiación utilizadas para preservar la mayor parte de los alimentos son el Co-60, el Cs-137, que son emisores gamma; también es posible usar los rayos X y los rayos de electrones.

Los beneficios de irradiar los alimentos son obvios: se reduce la demanda de energía, porque no se tiene la necesidad de refrigerarlos, lo que les permite permanecer más tiempo en los lugares de venta.

A pesar de ello hay una gran oposición a este procedimiento: se teme que dichos alimentos sean por sí mismos radiactivos, aunque no hay evidencias.

Una objeción más importante es que la irradiación puede destruir los nutrientes, como vitaminas y aminoácidos. Además, la radiación ionizante produce especies reactivas, como los radicales hidroxilos, que a su vez reaccionan con moléculas orgánicas y producen sustancias potencialmente peligrosas.

Es interesante notar que la cocción de los alimentos tiene los mismos efectos.

En la siguiente imagen, se observa frutillas irradiadas a 200 kilorads (imagen derecha). Se puede observar que siguen frescas, después de 15 días de almacenamiento a 4 °C, comparándolas con las que no se irradiaron (imagen izquierda):



*Adaptación de un artículo publicado en Chang, R. (2007). Química. (9ª ed). México: McGraw-Hill /Interamericana.*

## Preguntas para la reflexión

- 1 Según lo leído, ¿cuáles son los principales motivos para irradiar los alimentos?
- 2 ¿En qué consiste el proceso de ionización de alimentos?
- 3 Investiga, ¿Qué alimentos son tratados con energía ionizante en nuestro país?

## Habilidades que se desarrollarán:

- Aplicar
- Investigar
- Analizar

## Revisemos lo aprendido: Tema 2

### I. Clasifica las siguientes aseveraciones como verdaderas (V) o falsas (F). Justifica las respuestas falsas.

- \_\_\_ La fisión nuclear, es un proceso en el que se combinan núcleos pequeños, para formar núcleos más pesados.
- \_\_\_ En un reactor nuclear, se producen, se mantienen y controlan una reacción nucleares en cadena.
- \_\_\_ Una central nuclear es una instalación formada por un reactor conectado a un sistema de generación eléctrica.
- \_\_\_ El combustible más utilizado en los reactores nucleares, corresponde la carbono-14.
- \_\_\_ Los reactores de potencia, utilizan los neutrones generados en la fisión para producir radioisótopos.

### II. Indica la letra que responde correctamente a las preguntas planteadas.

**1** Para evitar que los tipos de radiaciones que se producen en un reactor nuclear salgan al exterior, se utiliza la siguiente estructura:

- Barras de combustible
- Núcleo del reactor
- Moderador
- Sistema de control
- Blindaje

**2** Una de las partes de un reactor nuclear, que esta constituido por barras de combustible y refrigerado por un fluido que generalmente agua, corresponde a:

- Barras de combustible
- Núcleo del reactor
- Moderador
- Sistema de control
- Blindaje

**3** Una de las principales ventajas que presenta el uso de la energía nuclear es que:

- Los residuos radiactivos se pueden reducir considerablemente, aplicando nuevas tecnologías.
- No emite gases invernadero, como el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$
- No produce partículas como carbón o cenizas.
- Retrasa del calentamiento global
- Todas las anteriores

**4** Una desventajas de las centrales nucleares, es que produce desechos radiactivos de manejo complicado. Un ejemplo de radioisótopo de desecho es:

- Carbono-14
- Oxígeno- 16
- Estroncio-90
- Hidrógeno-3
- Carbono-12





III. Une los conceptos enumerados en la columna A con los conceptos listados en la columna B, anteponiendo el número asociado al concepto.

Columna A	Columna B
1. Central nuclear	_____ Especialidad médica que utiliza las radiaciones ionizantes que emiten los isótopos radioactivos.
2. Radioisótopos	_____ Sustancias que contienen el 95% de la radiactividad generada en los procesos de obtención de energía, en las centrales nucleares.
3. Medicina nuclear	_____ El bombardeo constante de radiación tanto de fuentes naturales como artificiales al que estamos constantemente expuestos.
4. Radioterapia	_____ Esfera hueca de material inestable, que en su interior se encuentra un mecanismo iniciador de neutrones y en el exterior se encuentra revestido de un material explosivo.
5. Irradiación de alimentos	_____ Elementos radiactivos artificiales generados en reactores nucleares y en aceleradores de partículas.
6. Masa crítica	_____ Se produce por fusión nuclear, teniendo como combustibles el hidrógeno (H) y el helio (He).
7. Bomba nuclear	_____ Instalación formada por un reactor conectado a un sistema de generación eléctrica.
8. Bomba H	_____ Corresponde a la masa mínima de material fisionable, que se requiere para generar una reacción nuclear en cadena.
9. Residuos radiactivos de alta actividad.	_____ Forma de tratamiento basado en el empleo de radiaciones ionizantes (rayos X o radiactividad, la que incluye los rayos gamma y las partículas alfa)
10. Radiación de fondo	_____ Reacción, que puede quitar electrones a los átomos y moléculas que se encuentren en su trayectoria, conduciendo a la formación de iones y radicales.
11. Radiación ionizante	_____ Aplicación de radiación, con el fin de preservar alimentos. El alimento se expone a radiación gamma o a un haz de partículas beta suministradas respectivamente por Co-60 o Cs-137.

## Autoevaluación

Revisa el nivel de logro de los aprendizajes logrados para este tema. Debes ser honesto(a) al responder. Solo así podrás revisar aquellos aspectos que consideres que no han sido logrados completamente.

Marca con una **X** el casillero que corresponda.

- **Logrado (L):** Has logrado plenamente.
- **Medianamente Logrado (ML):** Has logrado parcialmente el aprendizaje; aún falta trabajar algunos aspectos.
- **Por lograr (PL):** Aún no logras el aprendizaje; debes seguir trabajando para ello.

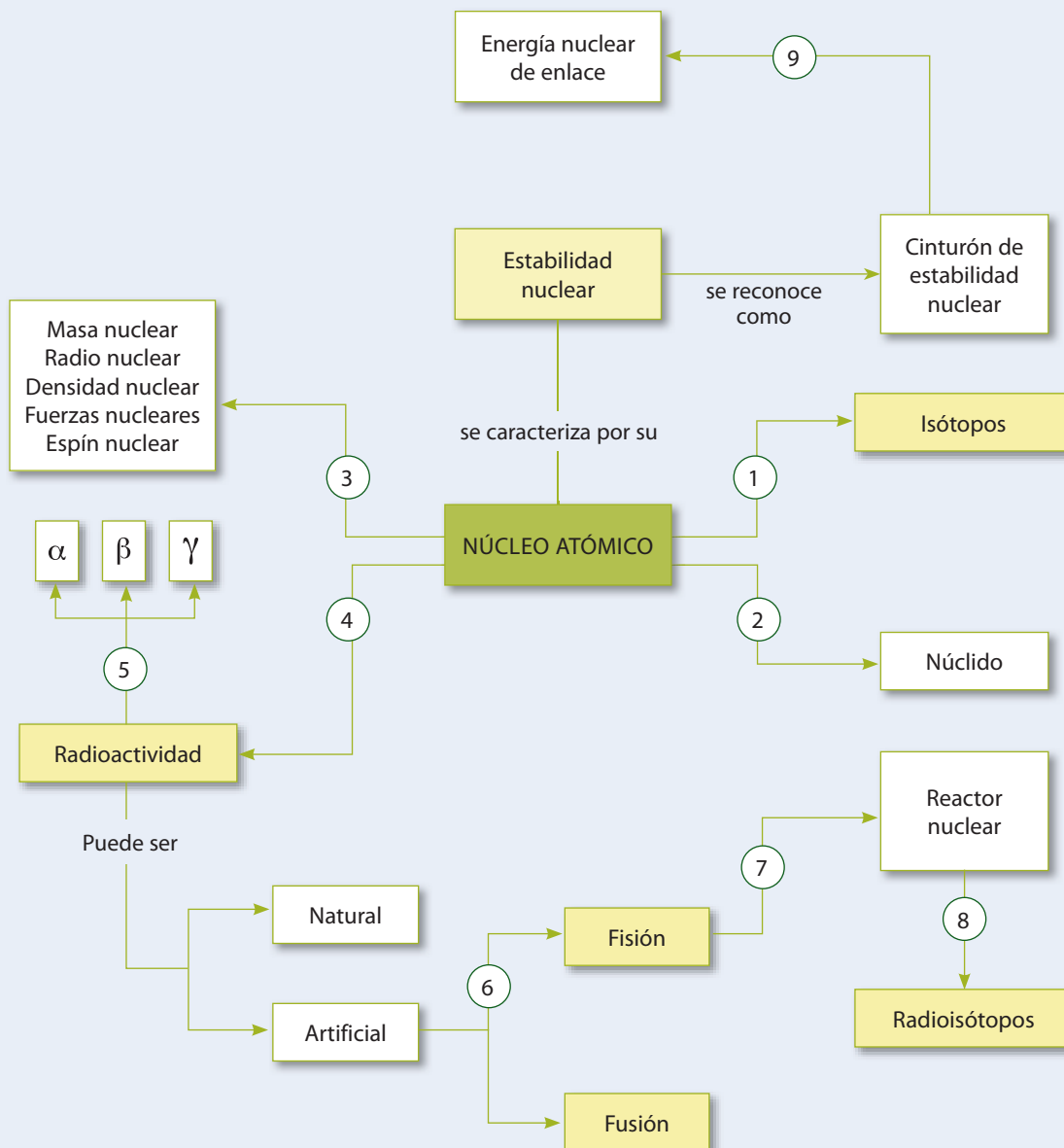
Criterios de evaluación	Indicadores de logro		
	L	ML	PL
Identifico que es un reactor nuclear y una central nuclear.			
Demuestro respeto por mi curso a través de mis acciones, vocabulario y gestos.			
Conozco las ventajas y desventajas del uso de la energía nuclear			
He sido honesto(a) con mis compañeros(as) durante los trabajos desarrollados.			
Conozco las aplicaciones de los radioisótopos en diferentes áreas.			
Comprendo con humildad las críticas y observaciones de mis compañeros (as), entendiendo que me las indican a fin de mejorar.			
Identifico las armas nucleares y el poder de destrucción que poseen.			
Reconozco los riesgos de la utilización de tecnologías nucleares y de las emisiones naturales.			
Observo la química como una herramienta valiosa para comprender los procesos que ocurren en la naturaleza.			

Si respondes con un **ML** o **PL** en alguno de los indicadores de logro, reflexiona a qué se debe y asume un compromiso de conseguir un **L**. En los ítems que sean necesarios, realiza una selección de aquella información más relevante y elabora un resumen con la finalidad de facilitar su procesamiento.



# Síntesis de la Unidad 5

- 1 En el siguiente diagrama, completa los conectores que faltan desde el 1 al 9.
- 2 Define los conceptos que están destacados con color amarillo
- 3 ¿Qué otros conceptos importantes estudiados en la unidad, consideras que falta incluir para completar el diagrama? Explícalos.



# Camino a...

FECHA: / /

NOMBRE:.....

- ¿Qué tipo de radiación es detenida por una lámina delgada de aluminio?
  - Emisiones alfa
  - Emisiones beta
  - Emisiones alfa y beta
  - Emisiones gamma
  - Emisiones beta y gamma
- La vida media de  $^{234}\text{Th}$  es de 24 días. Si una muestra contiene 8 gr, ¿después de cuanto tiempo se tendrán 4 gramos de  $^{234}\text{Th}$ ?
  - 12 días
  - 36 días
  - 48 días
  - 24 días
  - 96 días
- ¿Cuál frase describe CORECTAMENTE la definición de radiactividad?
  - Cambio nuclear que comienza por el calentamiento del material radiactivo
  - La ruptura del núcleo inestable en átomos
  - Una reacción química extremadamente exotérmica
  - Una reacción química que emite ondas de radio
  - La unión de átomos inestables
- El carbono-14 tiene una vida media de 5600 años. Este elemento es usado por los arqueólogos para determinar la fecha de origen de algunos elementos orgánicos como huesos o madera. Determine la antigüedad de un objeto si su contenido de carbono-14 es la mitad de lo que tenía cuando estaba vivo.
  - 2400 años
  - 7200 años
  - 5600 años
  - 11200 años
  - 22400 años
- El núcleo de un átomo está formado por:
  - Solo protones
  - protones y electrones
  - neutrones y electrones
  - protones y neutrones
  - solo neutrones
- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?
  - En una reacción nuclear no existe una relación entre la exotermicidad y la espontaneidad.
  - Todas las reacciones nucleares espontáneas son endotérmicas
  - Algunas reacciones nucleares espontáneas son exotérmicas
  - Todas las reacciones nucleares espontáneas son exotérmicas
  - Algunas reacciones nucleares espontáneas son endotérmicas
- ¿Cuáles de las siguientes formas de radiación pueden penetrar más profundo en el tejido corporal?
  - Gamma
  - Positrón
  - Protón
  - Beta
  - Alfa
- La vida media del  $^{131}\text{I}$  es de 0,220 años. De una muestra de 500,0 mg ¿cuánto permanecerá después de 24 horas?
  - 219 mg
  - 337 mg
  - 560 mg
  - 496 mg
  - 405 mg
- La formación de kriptón producto del decaimiento del rubidio resulta de .....
  - La captura de un neutrón
  - La emisión de un positrón
  - La emisión de una partícula beta
  - La captura de un electrón
  - La emisión de una partícula alfa
- ¿Cuál de las siguientes formas representa correctamente una partícula beta?
  - ${}^0_0\text{e}$
  - ${}^0_{+1}\text{e}$
  - ${}^4_2\text{e}$
  - ${}^2_4\text{e}$
  - ${}^0_1\text{e}$
- ¿cuál de estos elementos radiactivos se utiliza para realizar diagnósticos médicos en corazón y arterias?
  - Talio - 201
  - Radio - 226
  - Radón - 222
  - Cobalto - 60
  - Torio - 234
- La siguiente reacción es un ejemplo de .....
 
$${}^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{80}\text{Pb} + \dots\dots\dots$$
  - Decaimiento alfa
  - Emisión beta
  - Emisión de positrón
  - Captura de electrón
  - Emisión gamma

# Solucionario

## Unidad 1

### TEMA 1

#### Página 18 Desafío

- 1** **Termo:** sistema aislado; no hay intercambio de materia ni energía.  
**Taza de café:** sistema abierto; intercambio de energía y materia.  
**Compresa fría:** sistema cerrado; intercambio de energía pero no de materia.  
**Persona:** sistema abierto; intercambio de energía y de materia.

#### Página 22 Desafío

- 4** 1 - b.; 2 - d.; 3 - a.; 4 - c.

#### Página 30 Desafío

**1**

Magnitud	Tipo de propiedad (Extensiva/intensiva)	Unidad de medidas según S.I	Instrumento de medición
Temperatura	Intensiva	Kelvin	Termómetro
Calor	Extensiva	Joule	Calorímetro
Energía	Extensiva	Joule	-----
Trabajo	Extensiva	Joule	-----

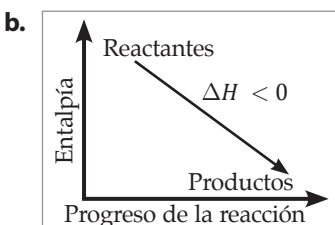
- 2** a. 1800 J                      c.  $1,334 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}}$   
 b. 2831,4 J                      d. 2119 kJ

#### Página 34 Desafío

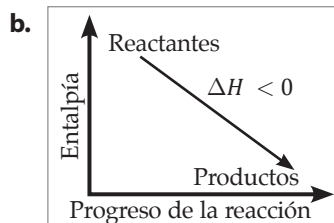
- 1** a.  $\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{O} + \text{O}$   
 $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$  Proceso endotérmico  
 b. Proceso exotérmico  
 c.  $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$   
 Proceso exotérmico  
 d.  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$   
 Proceso endotérmico
- 3** a.  $\Delta U = 11,900$  El sistema absorbe energía al entorno.  
 b.  $\Delta U = 63,5$  El sistema libera energía al entorno.  
 c.  $w = -0,4$  J Sí, se ejerce trabajo

#### Páginas 42 - 43 Desafío

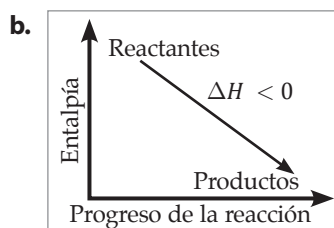
- 1** a. -225,6 kJ



- 2** a. -28,8 kJ



- 3** a. -844 kJ



- c. Reacciones exotérmicas.

- 4** a. 546,8 kJ / mol Endotérmica.  
 b. -566 kJ / mol Exotérmica.  
 c. +32,9 kJ / mol Endotérmica.

#### Página 46 Desafío

- 1** -43,61 kJ

- 2** -74,7 kJ

- 3** -347,9 kJ

#### Página 48 Desafío

- 2** a. C=C; H-H; C-H; H-C; C-C  
 b. -126 kJ / mol

- 3** Gas butano

- 4** -598 kJ/mol

#### Página 50 y 51 Revisemos lo aprendido

II.

- 1** 313500 kJ

- 2** a. -571,6 kJ                      b. +571,6 kJ

- 3** 103455 J

- 4** -65,2 kJ

- 5** a. -1455,86 kJ                      b. -1124,2 kJ

- 6** -238,7 kJ

- 7** -2414 kJ

- 8** a. -485 kJ/mol                      c. 252 kJ/mol

- b. -2154 kJ/mol

- 9** d.



## TEMA 2

### Página 58 Desafío

- 1 Clavos:** espontáneo. Cambian, debido a las condiciones del entorno, en una dirección.  
**Vaso:** no espontáneo. El vaso quebrado no puede volver a su estado inicial de manera natural.  
**Pelota de papel:** no espontáneo. El papel quemado, no puedo volver a su estado inicial de manera natural.  
**Manzana:** espontáneo. Se descompone de forma natural, en una dirección.

### Páginas 63 - 64 Desafío

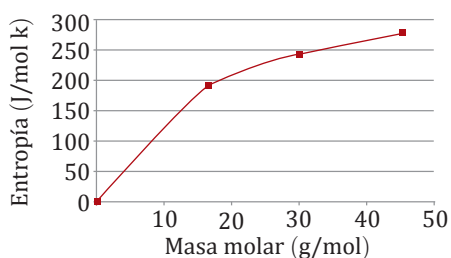
- 1** a. Tiende al desorden.  
 b. La entropía aumentaría.
- 2** a. Aumenta. c. Disminuye.  
 b. Aumenta. d. Aumenta.
- 3** a. Sistema: la taza de té. Entorno: todo lo que está fuera de ese límite.  
 b. Sistema: negativo. Entorno: positivo.  
 c. Libera calor al entorno ( $-q$ ), mientras que el entorno absorbe calor ( $+q$ ).  
 d. Sistema:  $\Delta S = -\frac{q}{T}$ ; Entorno:  $\Delta S = +\frac{q}{T}$

### Página 68 Desafío

**3 a.**

Sustancia	Masa molar (g/mol)	$S^0$ (J/mol · K)
CH <sub>4(g)</sub>	16	186,2
C <sub>2</sub> H <sub>6(g)</sub>	30	229,5
C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub>	44	269,9

**b. Entropía v/s masa molar**



### Página 75 Desafío

- 1 a.**  
 $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 b.  $-150,38 \text{ kJ/mol}$   
 c. Exotérmico.  
 d.  $260,9 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$   
 e. Tiende al desorden.  
 f.  $-239,184 \text{ kJ}$  Reacción espontánea en condiciones estándar.

### Página 77 Desafío

- 1** a.  $-818,1 \text{ kJ}$  b.  $326,4 \text{ kJ}$  c.  $130,4 \text{ kJ}$   
**2** a. No espontánea b. No espontánea

### Página 80 Desafío

- 1** a.  $-818,1 \text{ kJ}$  Espontáneo.  
 b.  $+1137,86 \text{ kJ}$  No espontáneo.
- 2** a.  $130,4 \text{ kJ}$   
 b. El proceso no es espontáneo a  $25^\circ\text{C}$ .  
 c.  $513,427 \text{ K}$   
 d. Temperaturas menores a  $513,427 \text{ K}$   
 e. Temperaturas mayores a  $513,427 \text{ K}$
- 3** Porque el  $\Delta G$  relaciona los cambios de entalpía, la entropía y la temperatura.
- 4** a. No espontáneas: A y B. Espontánea: C  
 b. A temperaturas menores a  $0^\circ\text{C}$ .  
 c. A:  $400 \text{ K}$  B:  $12 \text{ K}$  C:  $10307,7 \text{ K}$

### Página 84 Desafío

#### I. Cuestionario

$\Delta G^0$	$\ln K_{eq}$	$K_{eq}$	¿Cómo es la reacción?
$\Delta G^0 < 1$	$>1$	$>1$	No Espontáneo
$\Delta G^0 > 1$	$<1$	$<1$	Espontáneo
$\Delta G^0 = 1$	0	0	Equilibrio

#### II. Ejercicios

- 1**  $0,0996$   
**2**  $-2564,538 \text{ kJ}$   
**3**  $-1603,842 \text{ kJ}$   
**4** a.  $-1624 \text{ kJ}$  b.  $-158,1 \text{ J/K}$  c.  $31,1 \text{ kJ}$

### Página 86 Revisemos lo aprendido

#### I. Sopa de letra

**1**

A	L	A	M	B	N	R	E	S	C	H	I	L	E
R	A	R	E	S	O	S	L	E	W	I	S	I	N
E	M	A	N	L	E	A	U	P	E	M	A	G	T
V	S	A	T	A	S	M	C	A	D	C	I	O	A
E	Q	P	R	C	P	A	I	E	U	L	D	L	L
R	U	I	O	A	O	N	A	L	A	A	A	O	P
S	I	R	P	N	N	I	N	B	R	U	X	I	I
I	M	E	I	C	T	T	O	I	D	S	A	B	A
B	I	T	A	O	A	A	C	S	O	I	C	D	A
L	C	A	S	A	N	C	N	R	C	U	I	I	I
E	A	M	A	P	E	O	M	E	F	S	S	R	T
A	R	U	A	L	O	S	A	V	O	I	I	E	S
F	R	A	N	C	I	A	C	E	A	L	F	C	E
R	G	I	B	B	S	C	A	R	R	A	S	T	N
A	C	O	T	R	E	U	P	R	O	P	A	O	O
E	N	E	R	G	I	A	L	I	B	R	E	L	H



### III. Ejercicios

- 1 i. La entropía es menor que cero. Proceso no espontáneo en la dirección descrita.  
ii. a.  $\Delta S^0 = -5,2 \text{ J/K}$       b.  $\Delta S^0 = -42,1 \text{ J/K}$
- 2 a.  $\Delta H^0 = -464,8 \text{ kJ}$   $\Delta S^0 = 13,6 \text{ J/K}$   
b.  $\Delta S = 0,0617 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   
c. Espontánea a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  y a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$   
d.  $-2,6 \text{ K}$   
e. Espontáneo a  $T > -2,6 \text{ K}$ . No espontáneo a  $T < -2,6 \text{ K}$
- 3 No espontánea a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- 4 a. Espontánea a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$       b. Espontánea a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Página 89 Camino a...

- 1 c.      4 b.      7 e.      10 c.
- 2 c.      5 e.      8 b.
- 3 a.      6 a.      9 e.

## Unidad 2

### TEMA 1

Página 92 Y para comenzar...

- 2 a.  $v = 113,5 \text{ Km/h}$

Página 100 Desafío

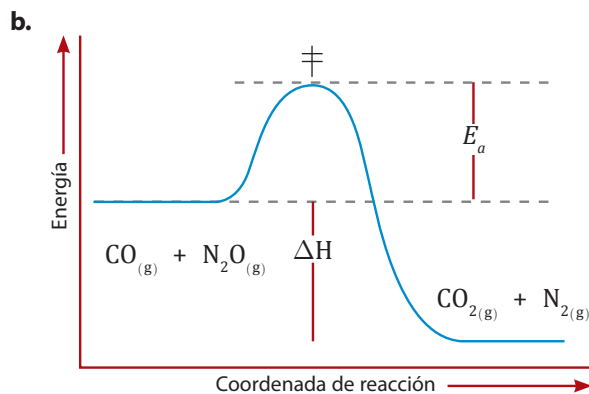
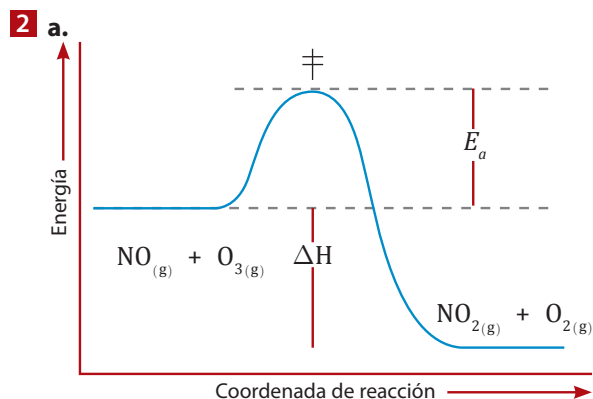
- 2  $-1,624 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$

- 3 a.
 

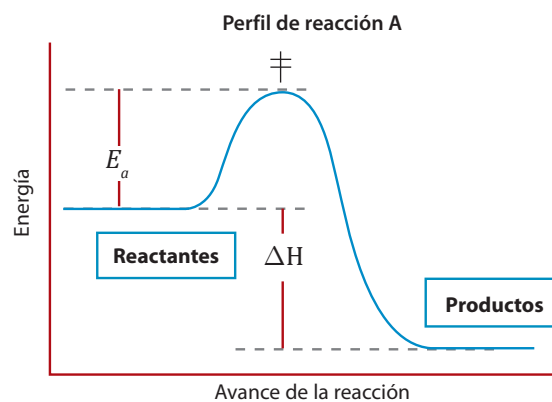
Tiempo (s)	[A] mol/L
0	0,80
10	0,40
20	0,25
30	0,20
40	0,15

- b.  $-0,04 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$ ;  $-0,015 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$ ;  
 $-0,005 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$ ;  $-0,005 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$
- c.  $-0,04 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$ ;  $-0,02 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$

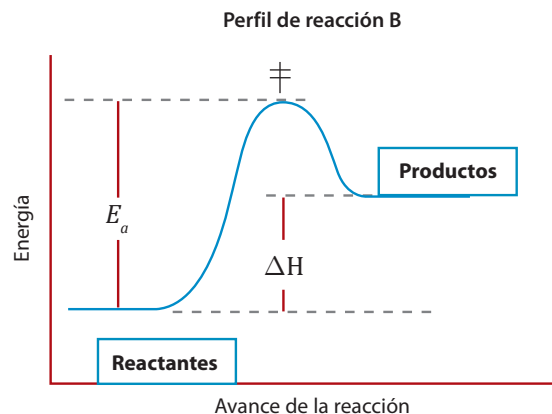
Página 105 Desafío



### 3 Reacción exotérmica:



### Reacción endotérmica:



Página 114 Desafío

- 1 a.  $v = k \cdot [A]^2 [B]$       c. Orden 3.
- 2 a. Orden 3.      b.  $v = k \cdot [X]^2 [Y]$
- 3 a. Al doble.  
b. Orden 1 para A y orden 2 para B  
c. Orden 3.
- 4 a.  $v = k \cdot [A]^m [B]^n$   
b. Orden 1 para A y orden 0 para B

Página 120 Desafío

- 3 37522,124 J/K
- 4 44226,66 J/K

**Página 131 Desafío**

- 1** a.  $v_d = k_d [H_2]^x [I_2]^y$       b.  $v_i = k_i [HI]^x$   
 c.  $k_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$
- 2** a.  $k_p = \frac{[P_{CO}]^2}{[P_{CO_2}]}$       b.  $k_p = \frac{[P_{CO_2}]}{[P_{CO}]}$
- 3** a.  $v_d = k_d [NH_3]^x v_i = k_i [N_2]^x [H_2]^y$   
 b. En la reacción directa es una reacción exotérmica y en la reacción inversa es una reacción endotérmica.  
 c.  $k_p = \frac{[P_{NH_3}]^2}{[P_{N_2}][P_{H_2}]^2}$   
 d. Homogéneo, todas las sustancias se encuentran en la misma fase gaseosa.  
 e. La constante de equilibrio, favorece la formación del producto.

**Página 144 Revisemos lo aprendido Tema 1**

**II. Ejercicios**

- 1** a.  $v = -\frac{1}{2} \frac{\Delta [NOCl]}{\Delta t}; v = k \cdot [NOCl]^x;$   
 orden dos;  $k_{eq} = \frac{[NO]^2 [Cl_2]}{[NOCl]^2};$  homogéneo.  
 b.  $v = -\frac{\Delta [PCl_5]}{\Delta t}; v = k \cdot [PCl_5]^x;$   
 orden uno;  $k_{eq} = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]};$  homogéneo.  
 c.  $v = -\frac{1}{2} \frac{\Delta [HF]}{\Delta t}; v = k \cdot [HF]^x;$   
 orden dos;  $k_{eq} = \frac{[H_2][F_2]}{[HF]^2};$  homogéneo.  
 d.  $v = -\frac{\Delta [CO]}{\Delta t} = -\frac{\Delta [Cl_2]}{\Delta t};$   
 $v = k \cdot [CO]^x [Cl_2]^y;$  orden dos;  
 $k_{eq} = \frac{[COCl]}{[CO][Cl_2]};$  homogéneo.  
 e.  $v = -\frac{1}{2} \frac{\Delta [SO_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta [O_2]}{\Delta t};$

$v = k \cdot [SO_2]^x [O_2]^y;$  orden tres;  
 $k_{eq} = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]};$  homogéneo.

- 2**  $2,5008 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$       **4** 0,266  
**3** 776038,27      **5** 52,440  
**6** a. El equilibrio se desplaza hacia la izquierda  
 b. El equilibrio se desplaza hacia la derecha  
 c. El equilibrio se desplaza hacia la izquierda  
**7** a. 3      b.  $O_2$   
 c. La segunda puesto que se es donde ocurre el consumo de las sustancias de la primera etapa.  
 d.  $2O_3 \rightarrow 3 O_2; v = [O_3]^x$   
**8** a.  $v = k \cdot [NO_2]^x;$  bimolecular  
 b.  $v = k \cdot [NO]^x;$  bimolecular  
 c.  $v = k \cdot [Cl_2]^x;$  monomolecular  
**9** 1,000

**Página 146 Síntesis de la unidad 2**

- 1** Velocidad de reacción      **6** Catalizadores  
**2** Grado de división de los reactantes      **7** Irreversible  
**3** Concentración      **8** Reversible  
**4** Presión      **9** Homogénea  
**5** Temperatura      **10** Heterogénea  
**11** Principio de Le Châtelier

**Página 147 Camino a...**

- 1** e.      **3** d.      **5** e.      **7** a.      **9** c.  
**2** a.      **4** b.      **6** c.      **8** e.      **10** a.

**Unidad 3**

**TEMA 1**

**Página 161 Desafío**

- 1** \*Ver respuesta en página inferior.

\*

Teoría			
Aspectos	Arrhenius	Brönsted - Lowry	Lewis
<b>Característica del ácido</b>	Libera $H^+$ en disolución acuosa	Ceder uno o más $H^+$ en disolución acuosa	Capta electrones
<b>Característica de la base</b>	Libera iones $H^-$	Acepta o capta $H^+$	Pares de electrones sin compartir capaces de ser donados y formar enlace covalente dativo.
<b>Ecuación global ácido</b>	$HA \rightarrow H^+ + A^-$	$\text{Ácido}_1 + \text{Base}_2 \rightarrow \text{Ácido}_2 + \text{Base}_1$	$\begin{array}{c} \text{x} & \text{z} & \text{x} & \text{z} \\   &   &   &   \\ \text{x} - \text{A} + \text{:B} \rightarrow \text{x} - \text{A} - \text{B} - \text{z} \\   &   &   &   \\ \text{x} & \text{z} & \text{x} & \text{z} \\ \text{ácido} & \text{base} & & \end{array}$
<b>Ecuación global base</b>	$BOH_{(ac)} \rightarrow B^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$	$\text{Base}_1 + \text{Ácido}_2 \rightarrow \text{Base}_2 + \text{Ácido}_1$	$\begin{array}{c} \text{x} & \text{z} & \text{x} & \text{z} \\   &   &   &   \\ \text{x} - \text{A} + \text{:B} \rightarrow \text{x} - \text{A} - \text{B} - \text{z} \\   &   &   &   \\ \text{x} & \text{z} & \text{x} & \text{z} \\ \text{ácido} & \text{base} & & \end{array}$
<b>Limitación</b>	Disoluciones acuosas y compuestos hidroxílicos	No explica comportamiento ácido o básicos de compuestos que aceptan o captan $H^+$	Teoría general
<b>Ejemplo de base</b>	$NaOH_{(ac)} \rightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$	$HBr + H_2O \rightarrow Br^- + H_3O^+$	$\begin{array}{c} \text{z} \\   \\ \text{:B} - \text{z} \\   \\ \text{z} \\ \text{base} \end{array}$

- 2** a. No c. H<sub>2</sub>O  
 b. CH<sub>3</sub>COOH d. CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>
- 3** a. HNO<sub>3</sub> ácido; H<sub>2</sub>O base; H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ácido conjugado; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> base conjugada. Teoría Brönsted – Lowry.  
 b. KOH → K<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> base. Teoría de Arrhenius.  
 c. HClO<sub>4</sub> ácido; H<sub>2</sub>O base; H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ácido conjugado; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> base conjugada. Teoría Brönsted – Lowry.  
 d. HF → H<sup>+</sup> + F<sup>-</sup> ácido. Teoría de Arrhenius.  
 e. LiOH → Li<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> base. Teoría de Arrhenius.  
 f. CH<sub>3</sub>COOH ácido; NH<sub>3</sub> base; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ácido conjugado; CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> base conjugada. Teoría Brönsted – Lowry.  
 g. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ácido; H<sub>2</sub>O base; H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ácido conjugado; HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> base conjugada. Teoría Brönsted – Lowry.  
 h. AlCl<sub>3</sub> ácido de Lewis; Cl<sup>-</sup> base de Lewis.

### Página 163 Desafío

**1**

[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]
1 · 10 <sup>-8</sup>	1 · 10 <sup>-6</sup>
1 · 10 <sup>-9</sup>	1 · 10 <sup>-5</sup>
1 · 10 <sup>-10</sup>	1 · 10 <sup>-4</sup>
1 · 10 <sup>-11</sup>	1 · 10 <sup>-3</sup>
1 · 10 <sup>-12</sup>	1 · 10 <sup>-2</sup>
1 · 10 <sup>-13</sup>	1 · 10 <sup>-1</sup>
1 · 10 <sup>-14</sup>	1

- 3** a. Ácido b. Ácido c. Básico d. Básico
- 4** Leche de magnesia, pasta dental, vaso de leche, café.

### Página 173 Desafío

**1**

[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]	pH	pOH	Sustancia
5 · 10 <sup>-2</sup>	2 · 10 <sup>-13</sup>	1,3	12,7	Ácido
1 · 10 <sup>-12</sup>	1 · 10 <sup>-2</sup>	12	2	Base
2,3 · 10 <sup>-4</sup>	4 · 10 <sup>-11</sup>	3,6	10,4	Ácido
2,5 · 10 <sup>-13</sup>	4 · 10 <sup>-2</sup>	12,6	1,4	Base

- 3** a. F<sub>2</sub> es una base. d. V  
 b. F<sub>2</sub> presenta una [H<sup>+</sup>] e. V  
 c. V

### Página 175 Desafío

**1**

Indicador	Disolución		
	HCl pH = 2	NaOH pH = 13	CH <sub>3</sub> COOH pH = 4,75
Azul de bromofenol	Amarillo	Azul violeta	Azul violeta
Naranja de metilo	Rojo	Amarillo	Amarillo
Fenolftaleína	Incoloro	Rojo	Incoloro
Azul de bromotimol	Amarillo	Azul	Amarillo

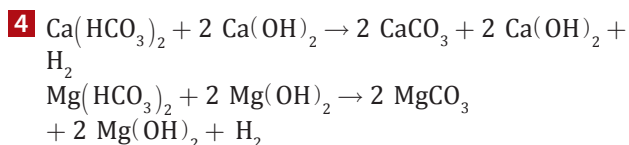
### Página 179 Desafío

- 1** a.  $K_a = \frac{[\text{ClO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}_4]}$ ;  $K_a = \frac{[\text{IO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HIO}_3]}$ ;  
 $K_a = \frac{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HF}]}$ ;  $K_b = \frac{[\text{K}^+][\text{OH}^-]}{[\text{KOH}]}$ ;  
 $K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]}$ ;  $K_b = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}$ ;  
 $K_a = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}]}$ ;  $K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$
- b.** 1. Produce una base débil.  
 2. Produce una base fuerte.  
 3. Produce una base fuerte.  
 4. Produce un ácido débil.  
 5. Produce un ácido fuerte.  
 6. Produce una base débil.  
 7. Produce una base fuerte.  
 8. Produce un ácido fuerte.
- c.** 1. Ácido fuerte. 5. Base débil.  
 2. Ácido débil. 6. Ácido fuerte.  
 3. Ácido débil. 7. Ácido débil.  
 4. Base fuerte. 8. Base débil.
- d.** 1. HClO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O → ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 Especies conjugadas: ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 2. HIO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ IO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 Especies conjugadas: IO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 3. HF + H<sub>2</sub>O ⇌ F<sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 Especies conjugadas: F<sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 4. KOH → K<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
 Especies conjugadas: K<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
 5. CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
 Especies conjugadas: CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
 6. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup> ⇌ NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O  
 Especies conjugadas: NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O  
 7. HClO + H<sub>2</sub>O ⇌ ClO<sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 Especies conjugadas: ClO<sup>-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>  
 8. NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
 Especies conjugadas: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>
- e.** 1. Débil. 5. Fuerte.  
 2. Fuerte. 6. Débil.  
 3. Fuerte. 7. Fuerte.  
 4. Débil. 8. Fuerte.
- 2** a. 99% b. 100%  
 c. 99 % para la primera ionización.

### Página 187 Desafío

- 1** a. 1,29 c. 2 e. 13,55  
 b. 2,2 d. 11,04
- 2** a. 10<sup>-5</sup> b. 10<sup>-6,5</sup> c. 10<sup>-9</sup>
- 3** a. 1 b. 2,17

- c.  $[H^+] = [OH^-] = 9,79 \cdot 10^{-5} M$ ;  
 $[H_2S] = 0,099 M$ ;  
 $[H^+] = [OH^-] = 3,605 \cdot 10^{-8} M$ ;  
 $[H_2S] = 0,099 M$



#### Página 194 Desafío

- 1 a.  $1,6 \cdot 10^{-3} L$                       c.  $6,66 \cdot 10^{-3} M$   
 b.  $pH = 13$                               d.  $3,33 \cdot 10^{-3} M$
- 2  $HF + NaOH \rightarrow NaF + H_2O$ ;  $HI + NaOH \rightarrow NaI + H_2O$ ;  
 $HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$

#### Página 203 Desafío

- 1 Se deben tomar 2,8 mL del ácido concentrado y aforar hasta completar los 500 mL con agua destilada.
- 2 0,2 M
- 3 0,0875 M

#### Página 208 Desafío

- 1  $pH = 5,4$
- 2  $pH = 3,08$
- 3  $pH = 3,06$
- 4  $pH = 5,44$ ;  $pH = 3,08$ ;  $pH = 3,16$
- 5  $pH = 4,74$ ;  $pH = 2,91$

#### Páginas 210 - 211 Revisemos lo aprendido Tema 1

##### I. Asociación

- 1 d.                      3 f.                      5 b.                      7 e.  
 2 c.                      4 h.                      6 a.                      8 g.

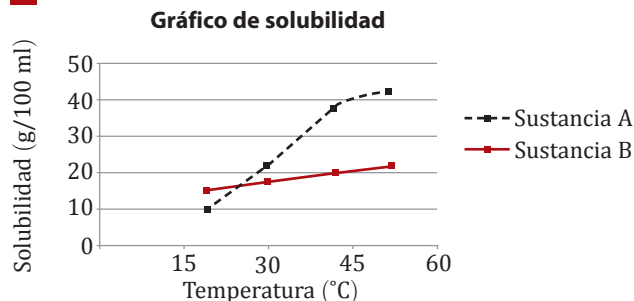
##### III. Completar

- 1 a. ácido + agua  $\rightarrow$  base conjugada +  $H_3O^+$   
 b. base + agua  $\rightarrow$  ácido conjugado +  $OH^-$   
 c. ácido conjugado + agua  $\rightarrow$  base +  $H_3O^+$   
 d. base conjugada + protones  $\rightarrow$  ácido +  $H_2O$
- 2 a.  $HNO_3 + H_2O \rightarrow NO_3^- + H_3O^+$   
 b.  $LiOH \rightarrow Li^+ + OH^-$   
 c.  $HF + KOH \rightarrow KF + H_2O$   
 d.  $HCl + NaHCO_3 \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$   
 e.  $NH_3 + H_2O \rightarrow OH^- + NH_4^+$
- 3 a.  $NaNO_3 \rightarrow Na^+ + NO_3^-$   
 b.  $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$   
 c.  $NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_3 + H_3O^+$   
 d.  $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$   
 e.  $KOH \rightarrow K^+ + OH^-$

- f.  $H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{2-}$   
 g.  $HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$

#### IV. Ejercicios

1



- 2 a.  $pH = 6,09$                       b.  $pH = 6,11$
- 3 B < A < D < E < C < F
- 4 a.  $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$                        $pH = 1,4$   
 b.  $KOH \rightarrow K^+ + OH^-$                        $pH = 13,77$   
 c.  $CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^- + H^+$                        $pH = 2,42$   
 d.  $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$                        $pH = 11,21$   
 e.  $HF \rightarrow H^+ + F^-$                        $pH = 2,3$
- 5 3,125 M                      6 0,54 gramos                      7 10,6 gramos

#### TEMA 2

#### Página 212 Y para comenzar

- 2 a. Cation, pierde 1 electrón.  
 b. Anión, gana 1 electrón.  
 c. Cation, pierde 2 electrones.  
 d. Cation, pierde 3 electrones.
- 6 a.  $2 H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 H_2O_{(g)}$   
 b.  $CH_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2 H_2O_{(g)}$   
 c.  $Zn_{(s)} + 2 HCl_{(ac)} \rightarrow ZnCl_{2(ac)} + H_{2(g)}$

#### Página 217 Desafío

Semirreacción de oxidación o reducción	Agente oxidante o reductor
Oxidación	Reductor
Reducción	Oxidante
Oxidación	Reductor
Oxidación	Reductor

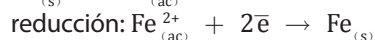
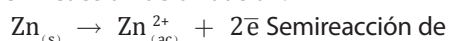
#### Página 220 - 221 Desafío

- 1 a. +3                      e. +2                      i. 0  
 b. 0                      f. 0                      j. +6  
 c. +2                      g. +3                      k. +7  
 d. +5                      h. +7
- 2 a.  $Mg = 0$ ;  $H = +1$ ;  $Mg = +2$   
 b. El hidrógeno.                      d. +5  
 c. El magnesio.                      e. Mg

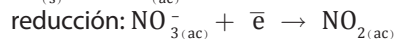
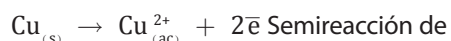
### Páginas 223- 224 Desafío

1 a. Redox. b. Redox. c. No es redox.

2 a. Semireacción de oxidación:



Semireacción de oxidación:



b. Zn: agente reductor Fe<sup>2+</sup>: agente oxidante  
Cu: agente reductor HNO<sub>3</sub>: agente oxidante

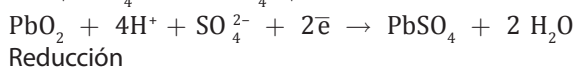
3 a. F c. V e. F g. F  
b. V d. V f. V h. V

### Página 229 Desafío

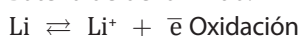
- 1 a.  $3 \text{Zn} + 2 \text{NO}_3^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{Zn}^{2+} + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$  Agente oxidante: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Agente reductor: Zn  
b.  $6 \text{H}^+ + 3 \text{ClO}_3^- + 6 \text{Cl}^- \rightarrow 3 \text{Cl}_2 + 3 \text{ClO}_2^- + 3 \text{H}_2\text{O}$  Agente oxidante: ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> Agente reductor: Cl<sup>-</sup>  
c.  $2 \text{NO} + 4 \text{NO} + 4 \text{OH}^- \rightarrow 4 \text{NO}_2^- + \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  Agente oxidante: NO Agente reductor: NO  
d.  $12 \text{OH}^- + 6 \text{Br}_2 \rightarrow 10 \text{Br}^- + 2 \text{BrO}_3^- + 6 \text{H}_2\text{O}$   
Agente oxidante: Br<sub>2</sub> Agente reductor: Br<sub>2</sub>

### Páginas 239 - 240 Desafío

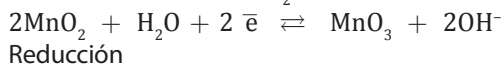
2 Batería o acumulador de plomo:



Batería de de Ion- litio:



Batería alcalina:



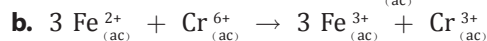
### Páginas 244 - 245 Desafío

- 1 Si, puede oxidar. E<sup>0</sup> = + 0,97 V  
2 a. Espontánea E<sup>0</sup> = + 0,76 V  
b. No espontánea E<sup>0</sup> = - 0,34 V  
3 a. Semireacción de oxidación:  $\text{Sn}_{(s)} \rightarrow \text{Sn}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e}$   
Semireacción de reducción:  
 $2 \text{Cu}_{(ac)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow 2 \text{Cu}_{(ac)}^+$   
b. Reacción espontánea tal como se encuentra escrita.  
4 a. E<sup>0</sup> = - 2,16 V  
b. E<sup>0</sup> = - 1,5 V; reacción favorecida a la formación de los reactivos.  
c. E<sup>0</sup> = - 0,4 V; Reacción favorecida a la formación de los reactivos.

### Página 247 Desafío

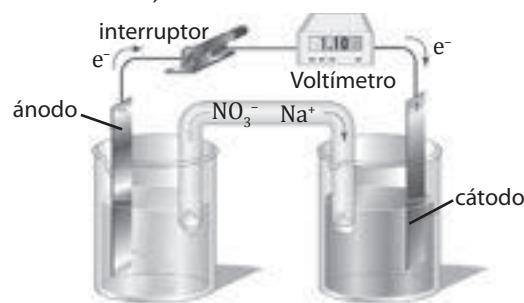
1 E<sup>0</sup> = - 2,03 V 2 0,9408 3 4, 414 · 10<sup>-3</sup>

4 a. Semireacción de oxidación:  $\text{Fe}_{(ac)}^{2+} \rightarrow \text{Fe}_{(ac)}^{3+} + \bar{e}$



c. ΔE<sup>0</sup> = - 2,1 V

d.



### Páginas 256 - 257 Revisemos lo aprendido Tema 2

#### I. Selección única

- 1 a. 4 d. 7 d. 10 c.  
2 e. 5 b. 8 a. 11 c.  
3 d. 6 e. 9 d. 12 d.

### Página 258 Síntesis Tema 2

- 1 Medio Ácido  
2 Medio Básico  
3 Aumenta estado de oxidación  
4 Celdas galvánicas  
5 Celdas electrolíticas  
6 Corrosión

### Página 259 Camino a...

- 1 c. 4 c. 7 b. 10 a.  
2 c. 5 e. 8 d.  
3 c. 6 e. 9 d.

## Unidad 4

### TEMA 1

#### Página 262 Y para comenzar...

- 2 a. A. Nueve átomos de carbono. Sustituyentes: metil  
B. Diez átomos de carbono. Sustituyente: propil  
C. siete átomos de carbono. Sustituyente: metil  
b. Semejanza: todos presentan átomos de carbono.  
Diferencia: distintos tipos de enlaces.  
c. A: alcano B: alqueno C: alquino  
d. A. 3,5 - dimetilheptano.  
B. 3 - propil- 1,5- heptadieno.  
C. 4 - metil- 2- hexino.



**3** Alcohol y éter.

**Página 267 Desafío**

- 1** a. Polímero sintético      d. Homopolímero.  
 b. Polímero sintético.      e. Polímero natural.  
 c. Polímero lineal.          f. Copolímero.

**Páginas 275 - 276 Desafío**

**1** Propiedades mecánicas: dureza, resistencia, elongación.  
 Propiedades físicas: fibras, elastómeros, plásticos.  
 Propiedades según su comportamiento con calor:  
 termoestables, termoplásticos.

- 2** a. F. Soporta la presión.  
 b. V.      c. V.      d. V.  
 e. F. Hebras ordenadas en una dirección determinada.  
 f. V.  
 g. F. Son reciclables.  
 h. V.      i. V.      j. V.

**3** Referidas a propiedades mecánicas:  
 a. Con propiedad de dureza      c. Elastómeros  
 b. Resistencia                      d. Elongación

Referidas a propiedades físicas:

- a. Elastómeros                      c. Fibras  
 b. Plásticos                          d. Elastómeros

Referidas a propiedad de comportamiento frente al calor:

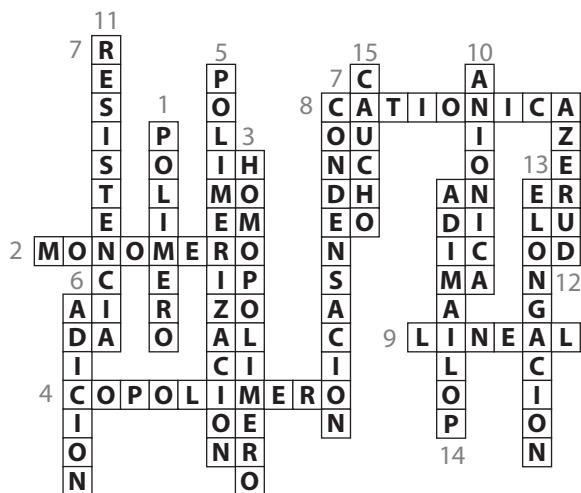
- a. Termoestable                      c. Termoplásticos  
 b. Termoestables                    d. Termoestables

**Páginas 281 - 282 Desafío**

- 1** a. V.  
 b. F, se produce en la polimerización catiónica y aniónica.  
 c. F, deficiente de electrones.  
 d. V.      e. V.      f. V.

**Páginas 292 - 293 Revisemos lo aprendido Tema 1**

**I. Crucigrama**



**III. Ejercicios**

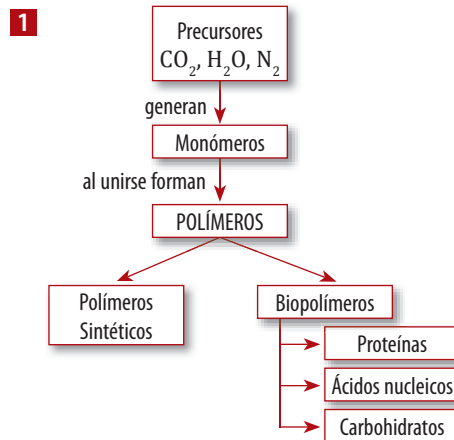
- 1** a. Copolímero. Monómeros: estireno y butadieno  
 b. Homopolímero. Monómero: propeno  
 c. Homopolímero. Monómero: acrilonitrilo

**TEMA 2**

**Página 294 Y para comenzar...**

- 1** a. Monómero: estireno      c. Monómero: aminoácidos  
 b. Monómero: nucleótidos      d. Monómero: nucleótidos
- 2** Polímero sintético: a  
 Polímeros naturales: b, c, d

**Página 297 Desafío**



**Páginas 319-320 Desafío**

- 1** a. naturales - aminoácidos.  
 b. peptídico - covalente.  
 c. péptido.  
 d. holoproteína - heteroproteína.  
 e. primaria.  
 f. puentes de hidrógeno.  
 g. α- hélice - β - lámina plegada.  
 h. cuaternaria.  
 i. flexibilidad y estabilidad.  
 j. nativo - desnaturalización.

**Página 323 Desafío**

- 1** a. V.  
 b. F. Serán más solubles.  
 c. F. Son proteínas.  
 d. F. Presente en la contracción muscular.  
 e. V.  
 f. F. Es una heteroproteína.  
 g. V.

**Páginas 339 - 340 Desafío**

- 1** a. Dihidroacetona: grupo cetona -CO-  
 Galactosa: grupo aldehído -CHO  
 Ribosa: grupo aldehído -CHO  
 Glucosa: grupo aldehído -CHO

- b. Dihidroacetona: Triosa  
Galactosa: Hexosa  
Ribosa: Pentosa  
Glucosa: Hexosa

- 3 a.  $(C_6H_{10}O_5)_n$       b. Homopolisacárido

Páginas 342- 343 Revisemos lo aprendido Tema 2

### I. Sopa de letras

A	P	O	L	I	N	U	C	L	E	O	T	I	D	O
H	Q	U	I	M	I	C	A	O	R	G	A	N	Z	I
O	I	N	O	R	G	A	N	R	A	N	I	C	W	A
L	I	L	O	P	S	O	C	I	T	E	T	N	I	S
O	N	E	V	P	R	O	T	E	I	N	A	Q	T	A
P	U	R	U	E	P	E	R	N	T	O	C	U	T	N
R	C	J	E	P	A	N	N	L	E	T	T	I	E	I
O	L	L	A	T	O	C	M	A	H	O	L	M	R	E
T	E	A	M	I	N	O	A	C	I	D	O	I	I	T
E	O	U	I	D	A	D	M	E	S	A	A	C	O	O
I	S	R	O	O	I	O	A	P	A	N	T	A	N	R
N	I	A	N	I	C	N	R	E	C	S	O	N	A	P
A	D	D	E	O	U	N	T	P	S	A	M	U	N	O
D	O	I	S	N	L	A	I	T	I	S	O	C	T	R
E	E	N	A	D	N	G	N	I	C	O	S	L	O	E
S	M	A	C	A	O	R	A	D	N	T	A	E	N	T
A	O	M	I	M	I	U	Q	I	A	N	L	A	I	E
C	N	I	A	T	O	M	O	C	R	E	A	R	O	H
U	A	C	V	A	L	E	N	O	F	P	D	E	A	Z
L	N	O	D	I	T	O	E	L	C	U	N	N	U	C

Página 344 Síntesis Tema 2

#### Conectores:

- 1 su unidad básica son los...
- 2 se presentan en estructura...
- 3 presenta propiedades de...
- 4 según sus monómeros son...
- 5 su unidad básica son los...
- 6 formados por...
- 7 formado por las bases nitrogenadas...
- 8 formado por las bases nitrogenadas...

Página 345 Camino a...

- |      |      |      |       |
|------|------|------|-------|
| 1 d. | 4 e. | 7 b. | 10 d. |
| 2 a. | 5 b. | 8 a. |       |
| 3 c. | 6 c. | 9 a. |       |

## Unidad 5

### TEMA 1

Página 348 Y para comenzar

2	Átomo o ión	Z	A	p <sup>+</sup>	n	e <sup>-</sup>
	Na <sup>+</sup>	11	23	11	12	10
	Pb	82	206	82	124	82

Página 353 Desafío

- 1 a. p<sup>+</sup> = 29 y n = 34      c. p<sup>+</sup> = 6 y n = 7
- b. p<sup>+</sup> = 84 y n = 126      d. p<sup>+</sup> = 92 y n = 143

Página 356 Desafío

- 1 a.  ${}^1_7\text{N}$ ,  ${}^{15}_7\text{N}$ ;  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{17}_8\text{O}$ ,  ${}^{18}_8\text{O}$ ;  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ ,  ${}^{21}_{10}\text{Ne}$ ,  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$
- b. Nitrógeno: 14,0037 u  
Oxígeno: 16,0044 u  
Neón: 20,1973 u
- c. Difieren en la cantidad de neutrones.  
Nitrógeno- 14: protones 7; neutrones 7  
Oxígeno-16: protones 8; neutrones 8  
Neón-20: protones 10; neutrones 10

Páginas 361 - 362 Desafío

2	A	Z	Isótopo	Zona (verde, naranja o morada)	Estable	Inestable
	238	92	U-238	Verde		x
	244	94	Pu-244	Verde		x
	14	7	N-14	Morado		x
	31	15	P-31	Naranja	x	
	256	88	Ra-256	Verde		x

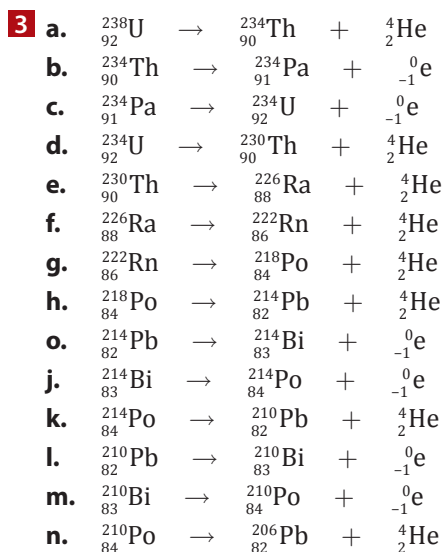
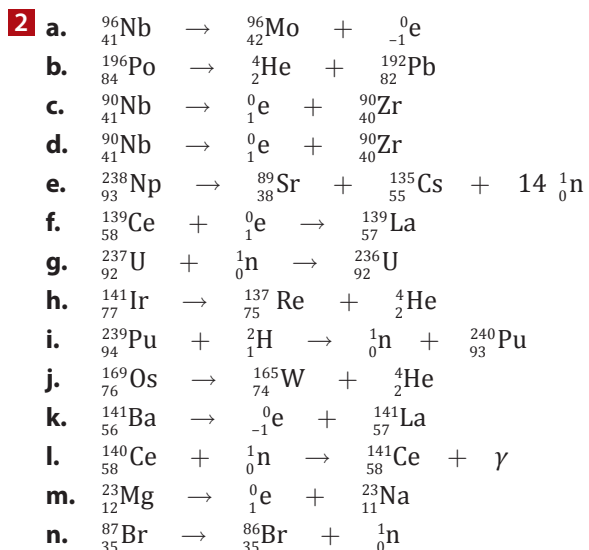
- 3 a. F, energía de enlace por nucleón
- b. F, los núcleos muy ligeros y muy pesados son inestables.
- c. V      d. V
- e. F, entre el O y el Ni

Página 368 Desafío

- 1 a. V      b. V
- c. F, por un número atómico excesivo
- d. F, rayos alfa, beta o gamma.
- e. V
- f. F, verificar número másico y número atómico.
- g. V      h. V      i. V
- j. F, gamma - beta - alfa
- 2 a.  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn} + \text{energía (núcleo de gran masa). Núcleo hijo: } {}^{222}_{86}\text{Rn}$
- b.  ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{234}_{91}\text{Pa} + \text{energía (exceso de neutrones). Núcleo hijo: } {}^{234}_{91}\text{Pa}$
- c.  ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^0_1\text{e} + {}^{40}_{18}\text{Ar} + \text{energía (exceso de protones). Núcleo hijo: } {}^{40}_{18}\text{Ar}$

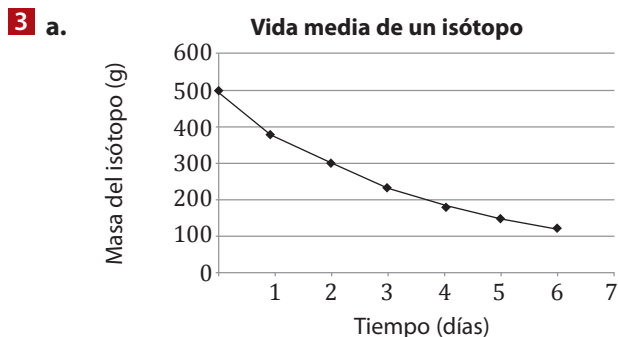
**Páginas 376 - 377 Desafío**

- 1** a. Decaimiento radiactivo      d. Fisión nuclear  
 b. Alfa      e. Fusión nuclear  
 c. Beta positivo



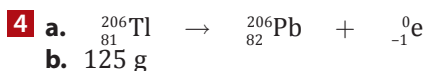
**Páginas 385 - 386 Desafío**

- 1** a. A medida que transcurren los años, la masa de Ra-226, disminuye.  
 b. Radón-222  
 ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$   
 c. A los 4 860 años, se tendrían 125 g de radio.



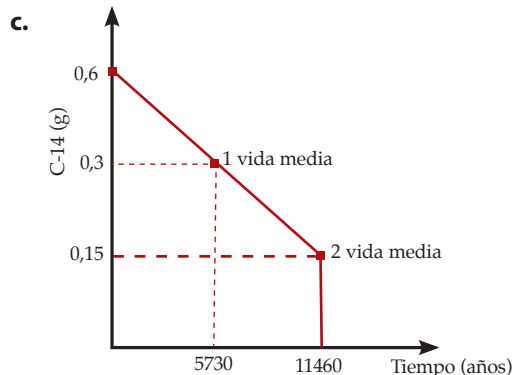
En el gráfico se puede observar que a medida que transcurre el tiempo de desintegración de la muestra, la masa de la misma va disminuyendo.

- b.  $0,029 \text{ días}^{-1}$



**Páginas 390 Desafío**

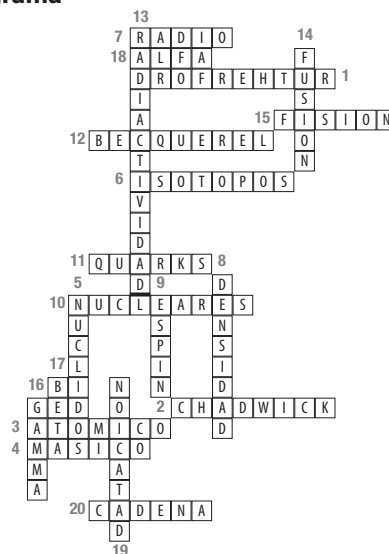
- 1** a. 2 vidas medias      b. 11 460 años



- 2** a. F, son  $5\,375 \cdot 10^{21}$   
 b. F, son 0,03125 g      c. F, 2 vidas medias  
 d. F, es  $1,34375 \cdot 10^{21}$  átomos de C-14

**Páginas 392- 393 Revisemos lo aprendido Tema 1**

**I. Crucigrama**



**II. Desarrollo**

- 1** a.  ${}_{27}^{75}\text{Co}$  desintegración alfa  
 b.  ${}_{84}^{212}\text{Po}$  desintegración alfa  
 c.  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$  desintegración alfa
- 2** a.  ${}_{84}^{212}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{208}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$   
 b.  ${}_{35}^{82}\text{Br} \rightarrow {}_{36}^{82}\text{Kr} + {}_{-1}^0\text{e}$   
 c.  ${}_{51}^{166}\text{Sb} \rightarrow {}_{49}^{118}\text{Sn} + {}_{-1}^0\text{e}$   
 d.  ${}_{48}^{118}\text{Cd} \rightarrow {}_{49}^{118}\text{In} + {}_{-1}^0\text{e}$   
 e.  ${}_{98}^{254}\text{Cf} \rightarrow {}_{42}^{106}\text{Mo} + {}_{52}^{144}\text{Te} + 4 \text{ n}$



## Índice temático

Ácidos	151, 153, 154	Cátodo	233
Ácidos nucleicos	297, 326, 328	Caucho vulcanizado	286
Ácidos polipróticos	184, 186	Celdas electrolíticas	232, 235, 237
Ácidos y bases débiles	177, 181	Celdas galvánicas	232, 246
Ácidos y bases fuertes	177, 180	Celuloide	285
ADN	324, 326, 327, 328	Celulosa	329, 339
Agente oxidante	216	Cinética química	95, 99
Agente reductor	216	Cinturón de estabilidad	358
Aminoácidos	298, 301	Código de identificación internacional	288
Amortiguadores o disoluciones buffer	206, 204, 209	Colisión eficaz	101, 102, 103
Ánodo	233	Complejo activado	104, 139, 140
Antiácidos	191	Complejo enzima-sustrato	124
ARN	326, 327, 328	Constante de acidez	177, 178, 186
Átomo original	374	Constante de basicidad	177, 178
Autoionización del agua	162	Constante de equilibrio	128, 129, 130, 131, 132
Balance de ecuaciones redox	225	Constante de velocidad	117, 118
Barras de combustible	400	Constante del agua	162
Bases	151, 153, 154	Copolímeros	263, 266, 267
Biomoléculas	297	Corrosión	248, 250
Blindaje	400	Daño genético	420
Bomba atómica o bomba nuclear	415	Daño somático	420
Cálculo de vida media	384	Datación	388
Calentamiento global	85	Defecto de masa	355
Calor	26	Desintegración radiactiva	364, 387
Calor específico	27	Determinación del pH en titulaciones	200
Calor específico de combustión	49	Diagramas de entalpía	40, 41
Calorimetría	27	Diferencia de potencial	234, 238
Calorímetro	27	Dureza	272
Cambio de energía interna	31	Ecuación de Gibbs Helmholtz	72, 73
Cambio de entalpía	36	Ecuación de Nernst	246
Cambio de entropía	62	Ecuación redox	222
Capacidad calorífica	27	Efecto de la concentración en el equilibrio	134, 136
Carbono - 14	353	Efecto de la presión en el equilibrio	127
Catálisis enzimática	123	Efecto de la temperatura en el equilibrio	138
Catalizador heterogéneo	122	Efecto de la temperatura sobre la energía libre	78
Catalizador homogéneo	122	Efectos de la radiación	419
Catalizadores	121, 122, 123, 124, 125	Elastómeros	272
Catalizadores inhibidores	121	Electrólisis	237, 240



Electrolitos	226, 234, 237	Ley de equilibrio químico	129
Electrón	351	Ley de Hess	43, 88
Electroquímica	232	Ley de Lavoisier y Laplace	41
Electro-refinación del cobre	254	Ley de velocidad	108
Elongación	272	Límites del sistema	17
Energía	21	Masa nuclear	428
Energía cinética	101, 104	Mecanismos de reacción	139
Energía de activación	104	Mensaje genético	331
Energía de enlace	46	Mesones	355
Energía interna	30	Método de Haber-Bosch	143
Energía libre	70	Método ión electrón	226
Energía libre estándar	75	Modelo atómico	428
Entalpía	35	Modelo llave-cerradura	123, 124
Entalpía de formación estándar	37, 38	Moderador	426
Entalpía de reacción	40	Molecularidad	139, 140
Entorno	17	Monómeros	263, 326
Entropía	56, 61	Neutralización	189, 191
Entropía mola estándar	67	Neutrón	429
Equilibrio iónico de ácidos y bases	177	Núcleo atómico	428
Equilibrio químico	127, 128, 134	Núcleo del reactor	399
Equilibrios heterogéneos	130	Nucleótidos	331
Equilibrios homogéneos	130	Número másico	366
Espontaneidad	57, 71	Número o estado de oxidación	218, 219
Estabilidad nuclear	356	Orden de reacción	109
Estructura de las proteínas	314	Oxidación	215, 216
Estructura del núcleo	360	Partículas alfa	427, 429, 366
Fibras	273	Partículas beta	409
Fisión nuclear	370	Partículas gamma	366
Fuerza nuclear	354	pH	164
Fuerza relativa de ácidos y bases	176	Plásticos	277
Funciones de estado	19	pOH	180
Fusión nuclear	371	Poliamida	283
Hidrólisis	188	Policarbonato	283
Homopolímeros	263, 266	Poliéster	283
Indicadores ácido-base	174	Poliestireno	288
Inyección o moldeo	289	Poliétileno	288
Isótopos	419	Poliétilentereftalato	267
Isótopos artificiales	353	Polimerización aniónica	278
Isótopos estables	357	Polimerización catiónica	278
Isótopos naturales	419	Polimerización por radicales libres	278

Polímero lineal	263	Reacciones redox	212
Polímero ramificado	267	Reacciones reversibles	107
Polímeros	260	Reactantes	107
Polímeros de adición	277	Reactor de agua a presión (PWR)	402
Polímeros de condensación	283	Reactor de agua en ebullición (BWR)	401
Polímeros sintéticos	267	Reactores nucleares	398, 401
Polipropileno	277	Reducción	215, 216
Poliuretano	287	Residuos nucleares	417
Porcentaje de ionización	179	Resistencia	254
Potencial de celda	238	Segunda ley de la termodinámica	70
Potencial estándar de reducción	242	Semi-reacción de oxidación	223, 225
Primera ley de la termodinámica	88	Semi-reacción de reducción	223, 225
Principio de Le Chatelier	132, 136	Siliconas	238
Proceso endotérmico	32, 88, 78	Sistemas abiertos	17
Proceso espontaneo	78	Sistemas aislados	17
Proceso exotérmico	32, 78, 143	Sistemas cerrados	17
Proceso no espontaneo	78	Sistemas de contención	426
Procesos elementales	139	Sistemas termodinámicos	17
Productos	68	Sustancias acidas y básicas	153
Propagación	278	Sustrato	321
Propiedades extensivas	19	Teoría de Arrhenius	155
Propiedades intensivas	19	Teoría de Bronsted-Lowry	157
Proteínas	265	Teoría de las colisiones	101, 144
Proyecto Manhattan	413	Teorías acido-base	155
Quarks	355	Tercera ley de la termodinámica	35, 68
Radiaciones ionizantes	421	Terminación	278
Radiactividad	363	Termodinámica	129
Radiactividad artificial	364	Termoestables	293
Radiactividad natural	364	Termoplásticos	293
Radioisótopos	416	Termoquímica	144, 84
Radioterapia	407	Titulaciones o volumetría acido base	195, 197, 199
Rayos X	407	Trabajo	26, 91
Reacción de adición	278	Universo	88
Reacción espontánea	71	Uranio (U)	352
Reacción no espontánea	71	Velocidad de desintegración	378, 381
Reacción nuclear en cadena	427	Velocidad de reacción	144
Reacciones de transferencia	253	Velocidad instantánea	96, 98
Reacciones endotérmicas	56	Velocidad promedio	96
Reacciones exotérmicas	56	Vida media	417
Reacciones irreversibles	106		

# Glosario

## UNIDAD 1: Termoquímica

**Calor:** Energía que pasa de un cuerpo a otro o de un sistema a otro, debido al movimiento de átomos, moléculas y otras partículas.

**Calor específico:** Cantidad de energía calorífica que se requiere para elevar 1°C la temperatura de un gramo de una sustancia.

**Caloría:** Cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de 1g de agua líquida pura en 1°C.

**Calorimetría:** Ciencia que se ocupa de medir con precisión la energía y la entalpía.

**Calorímetro:** Instrumento que sirve para medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por los cuerpos.

**Capacidad calorífica:** Cantidad de calor necesaria que se debe de suministrar a un sistema para aumentar la temperatura en 1°C de una cantidad dada de sustancia.

**Constante de equilibrio:** Constante en la expresión de equilibrio.

**Ecuación termoquímica:** Ecuación química ajustada de una reacción en la que se expresa las cantidades de reactivos y productos, y la cantidad de calor absorbido o desprendido.

**Energía cinética:** Energía disponible como consecuencia del movimiento de un objeto.

**Energía de enlace:** Energía necesaria para romper un mol de un enlace, de las sustancias en estado gaseoso y en condiciones estándar.

**Energía interna:** Suma de las energías potencial y cinética de las partículas de un sistema.

**Energía libre:** Función de estado, que corresponde a la energía disponible para realizar un trabajo útil.

**Energía potencial:** Energía capaz de generar un trabajo, como consecuencia de la posición de un cuerpo.

**Energía:** Capacidad para realizar un trabajo.

**Entalpía:** Función de estado, que corresponde a la cantidad termodinámica que se utiliza para describir los cambios térmicos que se llevan a cabo a presión constante.

**Entalpía de reacción:** Diferencia entre las entalpías de los productos y la entalpía de los reactivos.

**Entalpía estándar de formación:** Cambio de entalpía de una reacción para la formación de un mol de un compuesto, directamente a partir de sus elementos, todos ellos en sus estados estándar.

**Entorno:** Región del universo que interactúa con el sistema.

**Entropía:** Función de estado, que es una medida directa de la aleatoriedad o desorden de un sistema.

**Entropía molar estándar:** Entropía absoluta de una sustancia a 1 atm y 25°C.

**Estado estándar:** Condición de una atmósfera de presión.

**Función de estado:** Cantidad cuyo valor es determinado únicamente por el estado del sistema.

**Ley de Hess:** Cuando los reactivos se convierten en productos, el cambio en la entalpía es el mismo independiente de que la reacción se lleve a cabo en un paso o en un conjunto de ellos.

**Presión parcial:** Presión que ejerce un gas en una mezcla de gases.

**Primera ley de la termodinámica:** La energía no se crea ni se destruye, sólo se puede convertir de una u otra forma a otra.

**Proceso espontáneo:** Un proceso espontáneo es aquel que tiene una tendencia natural a ocurrir sin tener que ser realizado por una influencia externa.

**Proceso no espontáneo:** Proceso inverso a un proceso espontáneo.

**Proceso endotérmico:** Proceso termodinámico en el cual fluye calor hacia el interior del sistema procedente de los alrededores.

**Proceso exotérmico:** Proceso termodinámico, en el cual fluye calor desde un sistema hacia sus alrededores.

**Propiedad extensiva:** Propiedad física, que depende de la cantidad de materia presente.

**Propiedad intensiva:** Propiedad física, que no depende de la cantidad de materia presente.

**Propiedades físicas:** Propiedades de una sustancia que puede ser medidas y observadas, sin que varíe la composición o identidad de la sustancia.

**Propiedades químicas:** Propiedades de una sustancia que son observadas, cuando la sustancia sufre un cambio químico, es decir, en su estructura interna transformándose en otra sustancia. Dichos cambios químicos son generalmente irreversibles.

**Segunda ley de la termodinámica:** La entropía del universo aumenta en un proceso espontáneo y permanece constante en un proceso en equilibrio.

**Sistema:** Parte específica del universo, que es estudiada.

**Tercera ley de la termodinámica:** La entropía de una sustancia cristalina perfecta es cero a la temperatura del cero absoluto.

**Termodinámica:** Estudio científico de la interconversión del calor y otras formas de energía.

**Termoquímica:** Estudio de los cambios de calor en las reacciones químicas.

**Trabajo:** Cambio de energía dirigida que resulta de un proceso.

**Universo:** Sistema más los alrededores.

## UNIDAD 2: Cinética y equilibrio químico

**Catálisis heterogénea:** Es heterogénea, cuando el catalizador generalmente es sólido y las sustancias que intervienen en la reacción son gaseosas o en disolución, en fase líquida.

**Catálisis homogénea:** Es homogénea, cuando el catalizador y las sustancias que intervienen en la reacción se encuentran en la misma fase.

**Catálisis:** Proceso por el cual una reacción se ve acelerada por la presencia de un agente llamado catalizador.

**Catalizador:** Es la sustancia que aumenta la velocidad de reacción, sin ser consumida en la misma.

**Cinética química:** Rama de las ciencias que estudia las velocidades de reacción en diversas condiciones y sus mecanismos.

**Complejo activado (estado de transición):** Estado intermedio de todas las reacciones químicas.

**Concentración:** Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolvente.

**Constante de equilibrio:** Valor que informa sobre el desplazamiento de la reacción, hacia la formación de productos o de reactantes.

**Constante de velocidad:** Constante de la proporcionalidad entre la velocidad de la reacción y la concentración del reactivo.

**Ecuación de Arrhenius:** Expresión que relaciona la velocidad de reacción con la energía de activación, la frecuencia de las colisiones y la orientación molecular.

**Energía de activación:** Es la cantidad mínima de energía que se requiere para iniciar una reacción química.

**Enzima:** Proteína compleja que cataliza reacciones bioquímicas.

**Equilibrio heterogéneo:** En un equilibrio heterogéneo, las sustancias están en estados distintos.

**Equilibrio homogéneo:** En un equilibrio homogéneo, todas las sustancias están en un mismo estado.

**Equilibrio químico:** Condición en la que se igualan las velocidades de la reacción directa e inversa.

**Intermediarios:** Especies químicas que aparecen en el mecanismo de la reacción, pero no aparecen en la ecuación que describe la reacción general.

**Ley de velocidad:** Expresión que relaciona la velocidad de una reacción con la constante de velocidad y las concentraciones de los reactivos.

**Mecanismo de reacción:** Pasos elementales que conducen a la formación del producto.

**Molecularidad:** Número de moléculas que reacciona en un paso elemental.

**Orden de reacción:** Suma de los exponentes a los que se elevan todas las concentraciones de los reactivos que aparecen en la ley de velocidad.

**Perfil de reacción:** Descripción de cómo cambia la energía de la reacción en la medida que avanza.

**Principio de Le Chatelier:** Si se aplica una fuerza externa sobre un sistema en equilibrio, el punto de equilibrio cambiará de forma que se contrarresten los efectos de dicha fuerza.

**Reacción de primer orden:** Reacción cuya velocidad depende de la concentración de los reactivos elevada a la primera potencia.

**Reacción de segundo orden:** Reacción cuya velocidad depende de la concentración de un reactivo elevada a la segunda potencia o bien de las concentraciones de dos reactivos diferentes, cada una elevada a la primera potencia.

**Reacción irreversible:** Es una reacción en la que no se puede volver a obtener reactivos, a partir de los productos.

**Reacción reversible:** Reacciones en las que los productos de la reacción, se combinan entre sí, para dar nuevamente los reactivos.

**Reacciones elementales (pasos elementales):** Serie de reacciones que representan el avance de la reacción global a nivel molecular.

**Sustrato:** Sustancia orgánica o inorgánica sobre las que actúan las enzimas produciendo su modificación en productos finales de la reacción.

**Teoría de las colisiones:** Las reacciones químicas ocurren cuando hay choques efectivos entre moléculas de reactantes, para formar productos.

**Velocidad de reacción:** Cambio en las concentraciones de reactivos y productos por unidad de tiempo.

## UNIDAD 3: Reacciones de transferencia

**Ácido poliprótico:** Ácidos que contienen más de un átomo ionizable por molécula.

**Ácido:** Sustancia que al disolverse en agua pura, aumenta la concentración de iones hidrógeno.

**Agente oxidante:** Sustancia que puede aceptar electrones de otra sustancia o aumentar el número de oxidación de otra sustancia.

**Agente reductor:** Sustancia que puede donar electrones a otra sustancia o disminuir los números de oxidación de la misma.

**Amortiguador o buffer:** Disoluciones que poseen la capacidad de resistir cambios de pH, al agregarles cantidades pequeñas de ácidos y bases.

**Anfótero:** Molécula o ión, que es capaz de actuar como ácido y base.

**Ánodo:** Electrodo de una celda electroquímica, en el cual ocurre la oxidación.

**Autoionización del agua:** Ionización o disociación de agua.

**Base:** Sustancia que al disolverse en agua pura, aumenta la concentración de iones hidroxilo.

**Batería:** Fuente de energía electroquímica portátil y autosuficiente, compuesta por una o más celdas voltaicas.

**Cátodo:** Electrodo de una celda electroquímica, en el cual ocurre la reducción.

**Celda electrolítica:** Dispositivo capaz de generar energía eléctrica a partir de reacciones químicas.

**Celda voltaica:** Dispositivo que utiliza una reacción química para producir corriente eléctrica, al aprovechar el flujo de electrones desde un ánodo hacia un cátodo.

**Constante de ionización de un ácido:** Constante de equilibrio de la ionización de un ácido.

**Constante de ionización de una base:** Constante de equilibrio de la ionización de una base.

**Constante del producto iónico del agua:** Producto de las concentraciones molares de los iones y a una temperatura en particular.

**Corrosión:** Deterioro de metales por reacciones de óxido-reducción.

**Electrodo:** Dispositivo metálico, para conducir electrones dentro y fuera de una disolución, en celdas electroquímicas.

**Electrólisis:** Uso de la energía eléctrica, para producir un cambio químico.

**Fem:** Fuerza electromotriz. Diferencia de potencial.

**Hidrólisis:** Reacción de un anión; de un catión o de ambos, de una sal con agua.

**Indicador:** Sustancia que se emplea para señalar el punto de equivalencia de una titulación, mediante el cambio de color.

**Lluvia ácida:** Precipitación pluvial que presenta un pH ácido.

**Neutralización:** Reacción entre un ácido y una base para formar una sal y agua.

**Números de oxidación:** Número de cargas que tendría el átomo en una molécula, si los electrones fueran transferidos completamente en la dirección indicada, por la diferencia de electronegatividades.

**Oxidación:** Pérdida de electrones

**pH:** Negativo del logaritmo en base 10 de la concentración de iones hidrógeno.

**Potencial estándar de reducción:** Voltaje medido cuando se lleva a cabo una reducción en el electrodo. Los gases están a 1 atm y los solutos presentan una concentración de 1M.

**Reducción:** Ganancia de electrones

**Titulación ácido-base:** Procedimiento para el análisis cuantitativo de una sustancia, por reacción esencialmente completa en solución, con una cantidad medida de reactivo de concentración conocida.

#### UNIDAD 4: Polímeros

**Polímero:** Compuesto que se distingue por su alta masa molar, la cual puede llegar a miles de millones de gramos y formada por muchas unidades que se repiten.

**Monómero:** Unidad sencilla que se repite en un polímero.

**Biopolímero:** Polímero que interviene en los procesos biológicos.

**Polymerización:** Proceso químico en que los monómeros se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran masa llamada polímero.

**Reacción de adición:** Reacción en la que un reactivo se adiciona con otro.

**Reacción de condensación:** Reacción en la cual se combinan dos moléculas pequeñas para formar una molécula grande. El agua es producto de dicha reacción.

**Homopolímero:** Polímero formado por un solo tipo de monómero.

**Copolímero:** Macromolécula compuesta por dos o más unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas por medio de enlaces químicos.

**Plásticos:** Sustancias que contienen como ingrediente esencial una macromolécula orgánica denominada polímero.

**Termoplástico:** Polímero que a temperatura ambiente es deformable. Al calentarlo se derrite a un líquido y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado.

**Termoestable:** Polímero que no se altera por la acción del calor.

**Caucho:** Polímero de muchas formado de muchas unidades encadenadas de un hidrocarburo elástico (isopreno), que surge como una emulsión lechosa en la savia de varias plantas.

**Vulcanización:** Proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

**Proteínas:** Macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

**Ácidos Nucleicos:** Polímeros de alta masa molar que tiene un papel esencial en las síntesis de proteínas.

**Carbohidrato:** Compuesto formado por carbono, hidrógeno y oxígeno.

**Aminoácidos:** Compuesto que contienen por lo menos un grupo amino y un grupo carboxilo.

**Grupo amino:** Grupo funcional derivado del amoniacio o alguno de sus derivados alquilados por eliminación de uno de sus átomos de hidrógeno.

**Grupo carboxilo:** Grupo funcional que consta de un grupo carbonilo, enlazado con un grupo hidroxilo.

**Péptido:** Molécula formada por la unión de varios aminoácidos mediante enlaces peptídicos.

**Desnaturalización:** Cambio estructural de las proteínas o ácidos nucleicos, perdiendo su estructura nativa y así, su óptimo funcionamiento.

**Enzima:** Catalizador biológico.

**Nucleótido:** Unidad que se repite en cada molécula de ADN y que consiste en un conjunto de base nitrogenada -desoxirribosa-fosfato.

**Base nitrogenada:** Compuestos orgánico cíclico, que incluyen dos o más átomos de nitrógeno.

**Grupo fosfato:** Ión poliatómico, que está compuesto por un átomo central de fósforo rodeado por cuatro átomos idénticos de oxígeno en disposición tetraédrica.

**Pentosa:** Monosacáridos formados por una cadena de cinco átomos de carbono.

**Nucleósido:** Molécula monomérica orgánica, que integra las macromoléculas de ácidos nucleicos que resultan de la unión covalente entre una base heterocíclica con una pentosa que puede ser ribosa o desoxirribosa.



**Monosacárido:** Son los glúcidos más sencillos, que no pueden hidrolizarse a una forma más simple. Contienen de tres a seis átomos de carbono.

#### UNIDAD 5: Fenómenos nucleares

**Acelerador de partícula:** Instrumentos que utiliza campos electromagnéticos para acelerar las partículas cargadas eléctricamente hasta alcanzar velocidades y energías muy altas, cercanas a la velocidad de la luz.

**Bomba atómica:** Artefacto bélico de gran poder explosivo, debido a un fenómeno de físico que se basa en la transformación de la masa en energía.

**Central nuclear:** Instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear.

**Datación radiactiva:** Método para determinar la edad de diferentes materiales, a través de la desintegración de un isótopo radiactivo.

**Ecuación Nuclear:** Ecuación que muestra el número atómico y el número de masa de las partículas involucradas en la desintegración radiactiva.

**Estabilidad nuclear:** Equilibrio entre las fuerzas de repulsión eléctrica de los protones y la fuerza de atracción nuclear de corto alcance, que experimentan los protones y neutrones del núcleo.

**Fisión nuclear:** Proceso en el que un núcleo pesado, se divide para formar núcleos más pequeños de masa intermedia y uno o más neutrones.

**Fusión nuclear:** Combinación de núcleos pequeños para formar núcleos mayores.

**Isótopo:** Átomo que tienen el mismo número atómico, pero diferente número de masa.

**Masa crítica:** Masa mínima de material fisionable que se requiere para generar una reacción nuclear en cadena auto sostenida.

**Medicina nuclear:** Especialidad de la medicina actual, en que se utilizan radiofármacos, formados que están formados por un fármaco transportador y un isótopo radiactivo.

**Neutrón:** Partícula subatómica que no tiene carga eléctrica neta.

**Núcleo atómico:** Parte central de un átomo.

**Nucleón:** Término para designar a los protones y neutrones de un núcleo.

**Núclido:** Átomo de un elemento que tiene una composición nuclear definida, es decir con un número de protones y neutrones definidos.

**Número atómico:** Número de protones en el núcleo de un átomo.

**Número másico:** Número total de neutrones y protones presentes en el núcleo de un átomo.

**Protón:** Partícula subatómica que tiene una carga eléctrica positiva unitaria.

**Radiactividad:** Ruptura espontánea de un átomo emitiendo partículas y/o radiación.

**Radioisótopo:** Isotopo radiactivo de un elemento químico.

**Radioterapia:** Tratamiento basado en el empleo de radiaciones ionizantes.

**Rayos alfa:** Iones helio con carga positiva de +2.

**Rayos beta:** Electrones.

**Rayos gamma:** Radiación de alta energía.

**Reactor nuclear:** Dispositivo en donde se produce una reacción nuclear controlada.

**Vida media:** Tiempo requerido para que la concentración de un reactivo disminuya a la mitad de su concentración inicial.

## Bibliografía

- García, A., Aubad, A., Osorio, R., y Zapata R. (1985). *Hacia la Química* (3ª edición). Colombia: Editorial Temis S.A.
- Morrison, R., y Boyd, R. (1998). *Química Orgánica* (5ª Edición). México: Editorial Pearson.
- Hein, M., y S. Arena. (2006). *Fundamentos de Química* (11ª Edición). México: Thomson Learning.
- Whitten, K., Davis, R., y Peck, M. (1999). *Química General* (5ª Edición). México: McGraw-Hill.
- Petrucci, R., Harwood, W., y Herring, F. (2003). *Química General. Principios y aplicaciones modernas* (8ª Edición). España: Prentice Hall.
- Chang, R. (2007). *Química* (9ª Edición). México: Mc Graw-Hill.
- Masterton, W., y Hurley, C. (2003). *Química. Principios y reacciones* (4ª Edición). México: Thomson Learning.
- Brown, T., Bursten, B., y Burdge, J. (2009). *Química, la ciencia central* (9ª Edición). México: Pearson Educación.
- Álvarez, R., y Rodríguez, Y. (2007). *Química, un proyecto de la ACS* (Reimpreso). España: Editorial Reverte S.A.
- Hill, J., y Kolb, D. (2000). *Química* (8ª Edición). México, Pearson Educación.
- Seymour, R., y Carraher, C. (2000). *Introducción a la química de los polímeros* (Reimpreso). España, Editorial Reverte.

© **Química 3° - 4° Año Medio**

**2013 Ediciones Cal y Canto®**

N° de Inscripción: 224.025

ISBN: 978 956 339 065 0

**Autora**

**María Isabel Cabello Bravo**

Licenciada en Educación. Profesora de Química.

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Magíster en Ciencias de la Educación.

Universidad Mayor.

Director Editorial	Jorge Muñoz Rau
Gerente Editorial	Alicia Manonellas Balladares
Editora	Paola Meza González
Asistente Editorial	Maricel Rojas Ruz
Corrector de pruebas y estilo	Vladimir Ferro González
Diseño	María Jesús Moreno Guldman
Diagramación digital	Cristina Sepúlveda Aravena Marcia Gutiérrez Pavez Bernardita Jorquera Bustamante
Ilustraciones	Fernando Santander Tiozzo
Fotografías	Banco de Fotos de Ediciones Cal y Canto
Jefe de Producción	Cecilia Muñoz Rau
Asistente de Producción	Lorena Briceño González

Impreso en RR Donnelley.

El presente libro no puede ser reproducido ni en todo ni en parte, ni archivado, ni transmitido por ningún medio mecánico, electrónico, de grabación, CD-Rom, fotocopia, microfilmación u otra forma, sin la autorización escrita del editor.

Se terminó de imprimir 117.700 ejemplares en el mes de diciembre de 2012.